Mise à jour des connaissances sur la biologie et l'exploitation de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine

Michel Giguère, Sylvie Brulotte, Nathalie Paille et Jimmy Fortin

Direction régionale des sciences,
Ministère des Pêches et des Océans,
Institut Maurice-Lamontagne,
850 route de la Mer, C. P. 1000,
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

2005

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2587

Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 2587

2005

Mise à jour des connaissances sur la biologie et l'exploitation de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine

Michel Giguère, Sylvie Brulotte, Nathalie Paille et Jimmy Fortin

Direction régionale des sciences,
Ministère des Pêches et des Océans,
Institut Maurice-Lamontagne,
850 route de la Mer, C. P. 1000,
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2005
No de cat. Fs 97-6/2587F ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit :

Giguère, M., S. Brulotte, N. Paille et J. Fortin. 2005. Mise à jour des connaissances sur la biologie et l'exploitation de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2587 : ix + 32 p.

105-03717/

TABLE DES MATIÈRES

Liste des Tableaux iv
Liste des Figures v
Liste des Annexes vii
Résumé viii
Abstract ix
1 Introduction 1
2 Matériel et méthodes 1
2.1 Cycle reproducteur aux Îles-de-la-Madeleine 1
2.2 Âge 6
2.3 Exploitation 7
3 Résultats et discussion 8
3.1 Biologie de l'espèce 8
3.1.1 Généralités 8
3.1.2 Prédation 9
3.1.3 Reproduction et développement larvaire 9
3.1.4 Croissance 10
3.1.5 Cycle reproducteur 11
3.1.5.1 Généralités 11
3.1.5.2 Cycle reproducteur aux Îles-de-la-Madeleine 12
3.2 Exploitation 17
4 Conclusion 26
5 Remerciements 27
6 Références 27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Date d'échantillonnage, nombre d'individus et technique de récolte des échantillons pour le suivi du cycle reproducteur de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 2

Tableau 2. Nombre d'échantillons de mactres de l'Atlantique recueillis par type d'échantillonnage et par catégorie de pêche 8

Tableau 3. Nombre de mactres de l'Atlantique par sexe pour chacun des stades du développement gonadique observés aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 13

Tableau 4. Débarquements (t) et valeur ($ US) au débarquement des quatre bivalves du type « clams » les plus importants commercialement aux États-Unis en 2002 et 2003 (source National Marine Fisheries Service 2003). 19

Tableau 5. Débarquements (t) et valeur ($ CA) au débarquement de la mactre de l'Atlantique de 1999 à 2003 pour différentes provinces du Canada. 19

Tableau 6. Mesures de gestion utilisées de 2002 à 2004 pour la réglementation de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine. 22

Tableau 7. Débarquements mensuels (t) de la mactre de l'Atlantique provenant de la pêche mécanisée de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine. 22

Tableau 8. Rendements moyens annuels de la pêche à la mactre de l'Atlantique estimés à partir des journaux de bord et de l'échantillonnage en mer de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine. 24

Tableau 9. Rendements moyens mensuels de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique estimés à partir des journaux de bord de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine. 25

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Provenance des échantillons (cercles pleins) pour le suivi du cycle reproducteur de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 2

Figure 2. Photographies des trois premiers stades du développement gonadique des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 5

Figure 3. Photographies des deux derniers stades du développement gonadique des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 6

Figure 4. Âge des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003 déterminée à partir des stries de croissance sur le chondrophore et courbe de croissance révisée provenant des données de Gendron (1988). 11

Figure 5. Diamètre moyen (± un écart-type) du noyau des ovocytes pour les trois premiers stades du développement gonadique de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 13

Figure 6. Fréquence d'observations des différentes structures gonadiques selon les stades du développement gonadique de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. 14

Figure 7. Pourcentage de mactres de l'Atlantique, sexes confondus, par stade de développement gonadique et date d'échantillonnage en 2003 aux Îles-de-la-Madeleine. 15

Figure 8. Durée des différents stades du développement gonadique de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine et à l'Île-du-Prince-Édouard. 17

Figure 9. Pourcentage de mactres de l'Atlantique, femelles et mâles, aux stades 1, 2, 3 et 4 du développement gonadique par date d'échantillonnage en 2003 aux Îles-de-la-Madeleine. 18

Figure 10. Distribution de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine, selon les relevés exploratoires de 1978, 1984 et 1985 et de la pêche mécanisée de 2002 à 2004. 20

Figure 11. Rendements de mactres de l'Atlantique (nombre/h·m) capturées lors des relevés exploratoires à la drague hydraulique de 1978, 1984 et 1985 aux Îles-de-la-Madeleine. 21

Figure 12. Rendements (kg/h·m) de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique selon les journaux de bord de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine. 23

Figure 13. Effort mensuel (h·m) de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine. 24

Figure 14. Structures de taille provenant de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique selon l'échantillonnage en mer en 2002 et 2003 et au quai en 2004. La ligne verticale en trait pointillé indique la taille minimale de capture de 76 mm. 26

Figure 15. Structures de taille provenant de pêche manuelle à la mactre de l'Atlantique selon l'échantillonnage en mer en 2003 et à quai en 2004. La ligne verticale en trait pointillé indique la taille minimale de capture de 76 mm. 26

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Taille moyenne (mm) des mactres de l'Atlantique recueillies par drague hydraulique et par cueillette manuelle (à pied) selon l'échantillonnage en mer en 2002 et 2003 et à quai en 2004 aux Îles-de-la-Madeleine, pour les individus de 76 mm et plus. 32

RÉSUMÉ

Giguère, M., S. Brulotte, N. Paille et J. Fortin. 2005. Mise à jour des connaissances sur la biologie et l'exploitation de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2587 : ix + 32 p.

Le présent document a pour objectifs de présenter les connaissances de base sur la biologie de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*, Dillwyn 1817), d'identifier sa période de reproduction aux Îles-de-la-Madeleine et de dresser un bilan de l'exploitation de cette ressource. Les informations présentées proviennent de la littérature, des résultats d'une étude du cycle de reproduction réalisée en 2003, ainsi que de l'analyse des statistiques de pêche. La mactre de l'Atlantique est un bivalve endobenthique qui préfère les substrats sablonneux et qui se retrouve dans l'infralittoral. Sa croissance est assez rapide et la mactre peut atteindre la taille légale de 76 mm en quatre ou cinq ans aux Îles-de-la-Madeleine. Le développement gonadique a été caractérisé selon cinq stades, à partir d'individus mesurant entre 75 et 92 mm (quatre à six ans), récoltés entre avril et novembre 2003. Les gamètes atteignent leur maturité en juin et la période de ponte a lieu principalement entre les mois de juillet et de septembre. Les résultats montrent aussi une synchronisation du cycle reproducteur entre les deux sexes. La comparaison des résultats obtenus aux Îles-de-la-Madeleine avec d'autres études a permis de constater que le cycle reproducteur varie dans le temps en fonction des régions et des années. Aux Îles-de-la-Madeleine, une petite population de mactre de l'Atlantique supporte depuis plusieurs années une cueillette manuelle récréative et une pêche commerciale mécanisée. La cueillette manuelle est pratiquée à pied à de faibles profondeurs ou encore en plongée sous-marine. Une pêche mécanisée à la drague hydraulique s'est développée au cours des dernières années. Depuis 2002, cette pêche est gérée, entre autres, par le nombre de permis (4 permis exploratoires), un contingent global (113,1 t), une saison de pêche et une taille minimale des spécimens débarqués (76 mm). Les débarquements commerciaux atteignent généralement le contingent. La pêche mécanisée s'effectue principalement de septembre à novembre. Les rendements moyens mensuels de cette pêche ont varié de 78 à 174 kg par heure de pêche et par mètre de largeur de drague en 2004. La cueillette manuelle est pour l'instant peu réglementée et peu documentée pour les Îles-de-la-Madeleine. Les indicateurs disponibles à ce jour concernant l'exploitation de cette espèce ne permettent pas de statuer sur l'état de la population et de sa capacité à supporter les niveaux actuels de la cueillette manuelle récréative et de la pêche commerciale mécanisée. Toutefois, un suivi s'impose car les changements interannuels observés dans le patron de pêche et dans les taux de capture de la pêche mécanisée pourraient être le reflet d'une surexploitation locale de la ressource.

ABSTRACT

Giguère, M., S. Brulotte, N. Paille et J. Fortin. 2005. Mise à jour des connaissances sur la biologie et l'exploitation de la mactre de l'Atlantique (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2587 : ix + 32 p.

The purpose of this document is to present the knowledge base on Atlantic surfclam (*Spisula solidissima*, Dillwyn 1817) biology, identify the species' spawning period in the Îles-de-la-Madeleine and provide an assessment of harvesting of this resource. The information that is presented comes from the literature, a 2003 study on the Atlantic surfclam reproductive cycle and an analysis of fishery statistics. The Atlantic surfclam, also known as the bar clam, is an endobenthic bivalve that is found of sandy bottom areas in the infralittoral zone. These clams grow fairly quickly and can reach legal size (76 mm) in four or five years in the Îles-de-la-Madeleine. Gonad development has been characterized based on five stages identified in some clams 75 to 92 mm in length (four to six years old) that were harvested between April and November 2003. The gametes reach maturity in June and spawning occurs primarily between July and September. The results also show a synchronization of the reproductive cycle between the two sexes. In comparing results obtained in the Îles-de-la-Madeleine with the results of other studies, it was determined that the reproductive cycle varies for different regions and different years. In the Îles-de-la-Madeleine, a small surfclam bed has supported a recreational fishery using hand-held tools and a drag fishery for a number of years. Hand harvesting is done by fishermen with boots in shallow water or in deeper water by divers. A fishing mechanized with the hydraulic drag developed during the last years. Since 2002, this fishery is managed through the number of licences issued (4 exploratory licences), an overall quota (113.1 t), a fishing season and a minimum legal size (76 mm). Landings generally attain the quota level. Drag fishing is carried out mainly from September to November. In 2004, mean monthly yields ranged from 78 to 174 kg per hour of fishing and metre of width of drag. At present, the recreational fishery in the Îles-de-la-Madeleine is barely regulated or documented. The exploitation indices available at present do not permit assessment of the Atlantic surfclam population's status or its capacity to support the current harvesting levels of the recreational fishery and the commercial fishery. However, a close follow up of the fishery appears necessary because the interannual changes that have been observed in the drag fishing pattern and in catch rates might reflect local overexploitation of the resource.

1 INTRODUCTION

Il y a deux catégories de pêche à la mactre de l'Atlantique, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1817), actuellement aux Îles-de-la-Madeleine, soit la cueillette manuelle et la pêche mécanisée. La cueillette manuelle est pratiquée à pied sur les hauts-fonds dans la lagune de la Grande-Entrée ou très près des côtes et d'autre part en plongée sous-marine, plus en profondeur. Ces activités ont pris une certaine ampleur au cours de la dernière décennie en raison de la demande et de l'accessibilité de la ressource, notamment à l'est de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine. À cela s'est ajoutée depuis une dizaine d'années une pêche commerciale mécanisée à l'aide d'une drague hydraulique. Plusieurs madelinots considèrent que le développement de l'exploitation de la mactre de l'Atlantique a été plutôt anarchique par le passé et ils s'inquiètent pour la conservation et le développement durable de cette ressource. La mise en place, en 2003, d'une nouvelle réglementation sur les mollusques au Québec fait en sorte qu'il est maintenant possible de gérer l'exploitation de cette ressource avec des moyens comparables à ceux qui sont utilisés pour la plupart des espèces de poissons et d'invertébrés exploités.

Le présent document a pour objectifs de présenter les connaissances de base sur la biologie de la mactre de l'Atlantique, d'identifier sa période de reproduction aux Îles-de-la-Madeleine, qui est une variable importante pour la gestion de cette ressource, et de dresser un bilan de l'exploitation basé sur les données disponibles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les informations sur la biologie de la mactre de l'Atlantique proviennent d'une revue des connaissances disponibles au Québec, dans l'Est canadien et ailleurs dans le monde. D'autre part, les résultats récents décrivant le cycle reproducteur de l'espèce aux Îles-de-la-Madeleine proviennent d'un projet spécifique réalisé en 2003. L'âge des spécimens récoltés lors du suivi du cycle reproducteur a également été évalué. L'étendue restreinte des tailles échantillonnées n'a pas permis de déterminer la courbe de croissance de cette population.

2.1 CYCLE REPRODUCTEUR AUX ÎLES-DE-LA-MADELEINE

Des mactres de l'Atlantique ont été recueillies pour définir le cycle reproducteur et la période de ponte aux Îles-de-la-Madeleine en 2003. Les échantillons de mactre ont été recueillis par des cueilleurs manuels, à proximité de l'île de Sable dans la lagune de la Grande-Entrée, et par des pêcheurs mécanisés dans les secteurs de la dune du Sud et de la pointe de l'Est (Figure 1). Dix échantillons ont été prélevés entre avril et novembre 2003 (Tableau 1). Les mactres ont été recueillies manuellement à marée basse ou plus en profondeur à l'aide d'une drague hydraulique. Une vingtaine d'individus de 75 à 92 mm de longueur ont été récoltés à chaque date d'échantillonnage, pour un total de 201 mactres. Chaque mactre a été numérotée séquentiellement, puis mesurée dans l'axe antéropostérieur (longueur) ainsi qu'au niveau de la charnière (largeur). Les coquilles ont été conservées pour la détermination de l'âge. La gonade a été prélevée, coupée longitudinalement, sur environ 1 cm d'épaisseur, puis conservée dans une solution tamponnée de formaldéhyde à 4 % jusqu'au moment de la préparation des coupes histologiques.

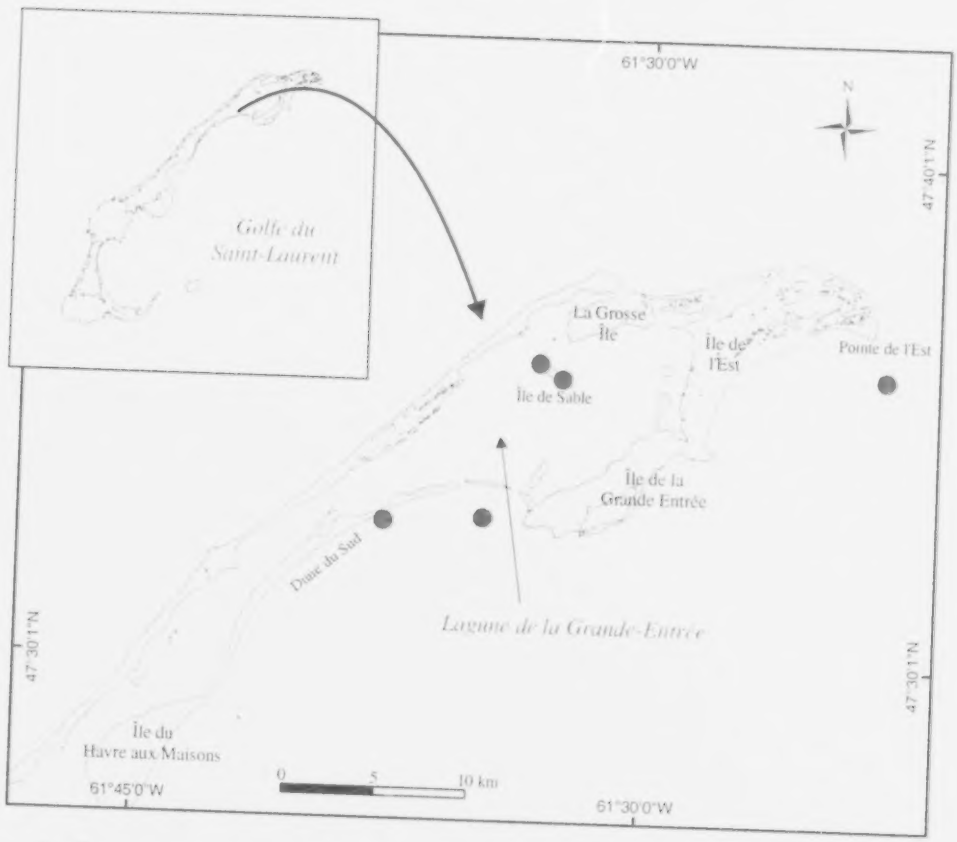


Figure 1. Provenance des échantillons (cercles pleins) pour le suivi du cycle reproducteur de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

Tableau 1. Date d'échantillonnage, nombre d'individus et technique de récolte des échantillons pour le suivi du cycle reproducteur de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

Date d'échantillonnage	Nombre d'individus	Technique de récolte
28 avril 2003	16	drague hydraulique
6 mai 2003	19	cueillette manuelle
21 mai 2003	19	cueillette manuelle
6 juin 2003	21	cueillette manuelle
23 juin 2003	22	cueillette manuelle
30 juin 2003	21	cueillette manuelle
11 juillet 2003	21	cueillette manuelle
4 septembre 2003	20	drague hydraulique
23 septembre 2003	20	cueillette manuelle
5 novembre 2003	22	drague hydraulique

Les coupes histologiques des gonades (d'une épaisseur d'environ 5 μm) ont été montées sur lame et colorées à l'hématoxyline – éosine. Le sexe et le stade de développement de la gonade ont été déterminés pour chaque individu.

Les stades du développement gonadique utilisés pour l'analyse des coupes histologiques de 2003 correspondent à ceux décrits par Ropes (1968). Les cinq stades de développement pour chacun des sexes sont décrits dans les lignes qui suivent et illustrés aux Figures 2 et 3.

Mâles

Stade 1 : premier stade de développement

À ce stade, les follicules contiennent des cellules dans leur phase initiale de développement méiotique. Les spermatogonies sont collées sur la paroi folliculaire. Les spermatocytes prolifèrent vers la lumière folliculaire en formant des rangées de cellules depuis la paroi folliculaire. Leurs noyaux arrondis sont entourés par une couche mince de cytoplasme de forme irrégulière.

Stade 2 : stade actif de développement

La différenciation des gamètes se poursuit. Les spermatocytes sont nombreux. Les spermatides, qui sont plus petits que les spermatocytes, forment des masses denses près du centre du follicule. À la fin de ce stade, les spermatozoïdes apparaissent au centre de la lumière, ils se reconnaissent par leur flagelle orienté vers le centre du follicule.

Stade 3 : maturité

Chez les mâles matures, les spermatozoïdes forment des masses denses au centre du follicule. Des spermatogonies, des spermatocytes et des spermatides peuvent être présents près de la paroi folliculaire mais ils sont beaucoup moins nombreux que les spermatozoïdes.

Stade 4 : ponte

Les spermatozoïdes sont expulsés vers l'extérieur dans le milieu ambiant. La quantité de spermatozoïdes diminue donc avec le temps. L'espace interfolliculaire et la lumière folliculaire augmentent au fur et à mesure que les follicules se vident. Des spermatogonies et des spermatocytes peuvent être présents près de la membrane basale.

Stade 5 : récupération

Les follicules ne contiennent plus, ou très peu, de spermatozoïdes et la lumière folliculaire est très importante. Les spermatogonies recommencent à proliférer. À ce stade, il est souvent difficile de différencier les mâles des femelles; dans ce cas le sexe est noté indéterminé.

Femelles

Stade 1 : premier stade de développement

Les ovogonies apparaissent en périphérie des follicules. La lumière du follicule est vide. Ces ovogonies se différencient en ovocytes qui font corps avec la paroi folliculaire.

Stade 2 : stade actif de développement

Pendant ce stade, les ovocytes augmentent de volume et remplissent la lumière folliculaire. Certains sont attachés à la paroi folliculaire, d'autres sont libres dans la lumière folliculaire.

Stade 3 : maturité

Les ovocytes matures (ovules) sont libres dans la lumière du follicule et le remplissent. Les gonades matures ont une apparence typiquement dense puisque les follicules sont tous bien regroupés et remplis de gros ovocytes.

Stade 4 : ponte

Les ovocytes matures sont expulsés à l'extérieur de l'organisme. Les follicules se vident au fur et à mesure que la ponte se poursuit. À ce stade, il peut y avoir encore beaucoup d'ovocytes matures dans certains follicules, tandis que d'autres follicules sont totalement vidés de leurs ovocytes matures. Des ovogonies et des ovocytes de stade 1 peuvent être présents dans la paroi des follicules. L'espace interfolliculaire et la lumière folliculaire sont importants ce qui donne une apparence flasque à la gonade.

Stade 5 : récupération

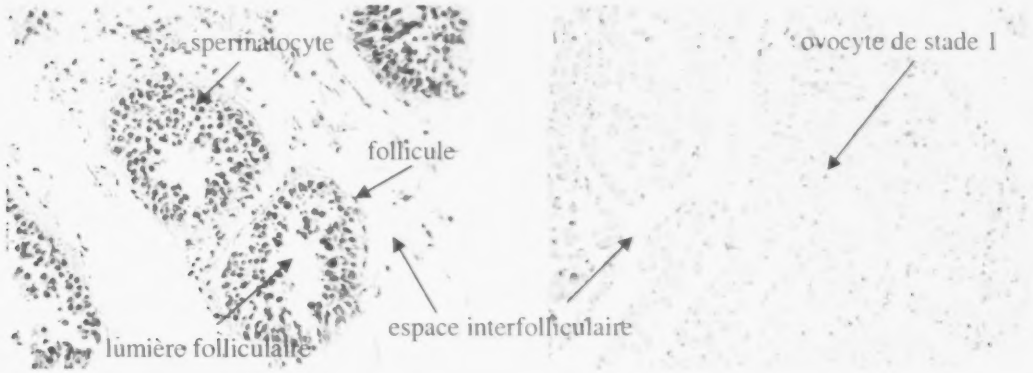
La lumière folliculaire est généralement dépourvue d'ovocytes matures. Des ovogonies et des petits ovocytes peuvent être présents dans les follicules. À ce stade, il est souvent difficile de différencier les femelles des mâles; dans ce cas le sexe est noté indéterminé.

Pour mieux définir chacun des stades de développement, les proportions des différentes composantes de la gonade ont été estimées sur quelques individus. Les structures observées, communes aux différents sexes, sont : l'espace interfolliculaire et les autres structures dans l'espace interfolliculaire, la lumière folliculaire et la membrane basale du follicule. Les structures propres aux femelles sont les ovocytes de stade 1, de stade 2 et les ovocytes matures tandis que les spermatocytes, les spermatides et les spermatozoïdes caractérisent les mâles. Les cellules sexuelles indifférenciées ne sont retrouvées que chez les individus de sexe indéterminé. La méthode utilisée consistait à placer une grille (8 x 8) sur une portion représentative de la coupe histologique de la gonade, puis à identifier les structures situées sous les 49 intersections de la grille à l'aide d'un microscope à un grossissement de 100X pour les femelles et les indéterminés et à 200X pour les mâles. Quarante-cinq (45) individus ont été analysés ainsi, soit cinq mâles et cinq femelles pour les stades de 1 à 4 et cinq individus de sexe indéterminé pour le stade 5. La fréquence des observations de chacune des structures présentes sous les intersections a été compilée par individu. Une fréquence moyenne a été calculée par sexe et par stade, puis ramenée en pourcentage.

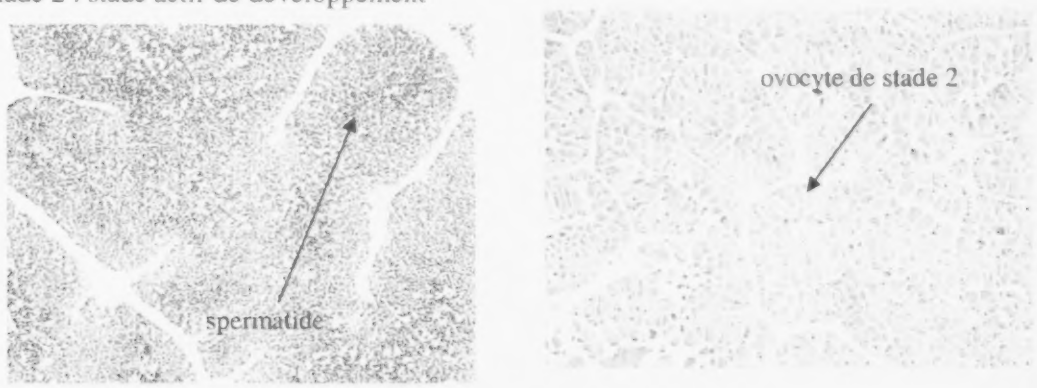
Le diamètre des noyaux des ovocytes a été mesuré pour les trois premiers stades. Pour chaque stade, cinq femelles ont été sélectionnées. Sur chaque femelle, trente noyaux d'ovocytes ont été mesurés pour un total de 150 mesures par stade.

Mâle Femelle

Stade 1 : premier stade de développement



Stade 2 : stade actif de développement



Stade 3 : maturité

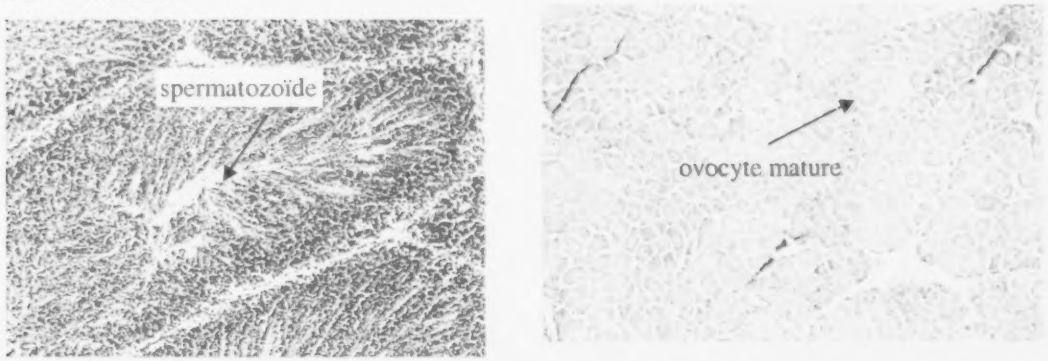


Figure 2. Photographies des trois premiers stades du développement gonadique des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

Le diamètre des noyaux des ovocytes a été mesuré pour les trois premiers stades. Pour chaque stade, cinq femelles ont été sélectionnées. Sur chaque femelle, trente noyaux d'ovocytes ont été mesurés pour un total de 150 mesures par stade.

Mâle

Femelle

Stade 1 : premier stade de développement

Stade 2 : stade actif de développement

Stade 3 : maturité

Figure 2. Photographies des trois premiers stades du développement gonadique des mâtres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

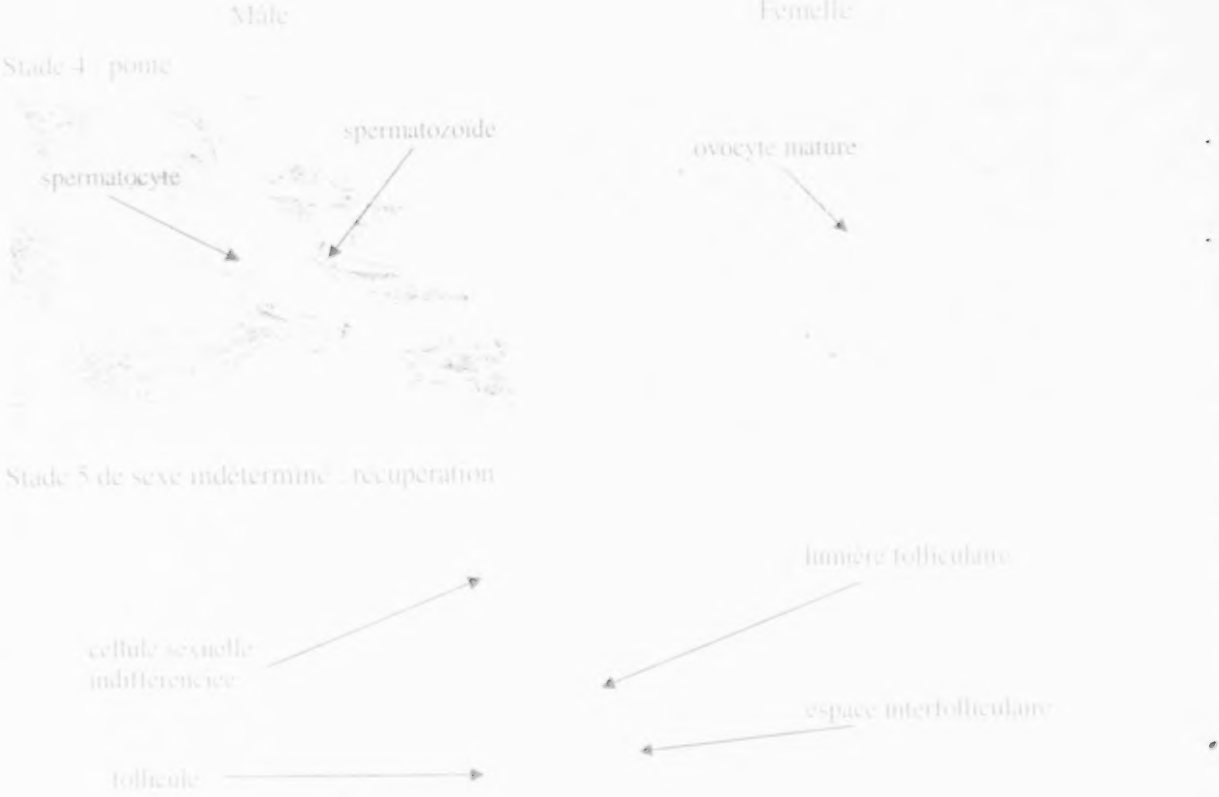


Figure 3 : Photographies des deux derniers stades du développement gonadique des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

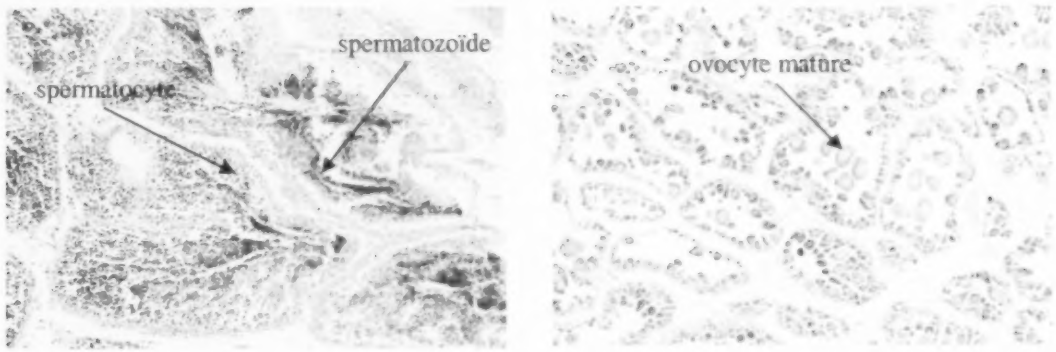
2.2 Âge

Une façon courante d'évaluer l'âge des mollusques est le dénombrement des anneaux de croissance visibles sur la partie externe de la coquille. Toutefois, à cause de l'usure des coquilles avec l'âge, l'accumulation de salete et de la presence de stries secondaires causées par des stress, il est parfois difficile d'évaluer le nombre d'anneaux de croissance annuels externes. Cette méthode mène parfois à une surestimation de l'âge des jeunes mactres et à une sous-estimation de l'âge des vieux individus (Jones et al. 1978).

La méthode la plus efficace pour déterminer l'âge est l'observation des lignes de croissance internes visibles sur une coupe de la coquille depuis l'umbo jusqu'à la marge ventrale tel qu'utilisée par Jones et al. (1978), Ropes et O'Brien (1979) et Sephton et Bryan (1990). Ce type de coupe révèle que la coquille de la mactre de l'Atlantique est constituée de zones opaques séparées par des stries grises et translucides appelées lignes de croissance internes. L'espacement entre les lignes de croissance diminue vers la marge extérieure de la coquille car le taux de croissance de la mactre diminue avec l'âge. La partie idéale pour dénombrer les stries de croissance est le chondrophore. Il s'agit de la

Mâle Femelle

Stade 4 : ponte



Stade 5 de sexe indéterminé : récupération

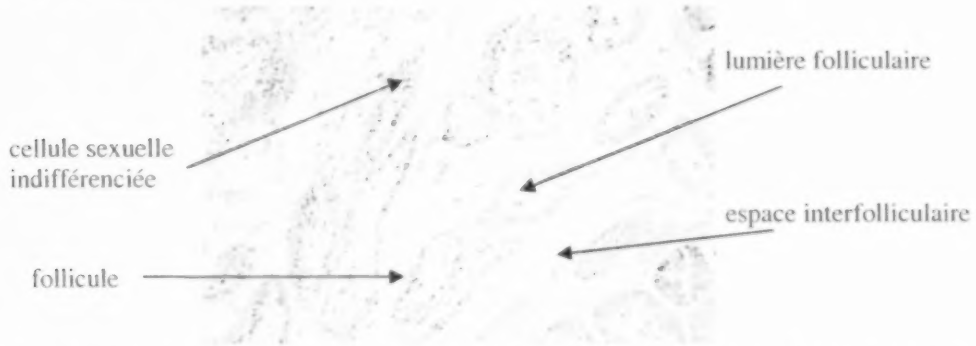


Figure 3. Photographies des deux derniers stades du développement gonadique des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

2.2 Âge

Une façon courante d'évaluer l'âge des mollusques est le dénombrement des anneaux de croissance visibles sur la partie externe de la coquille. Toutefois, à cause de l'usure des coquilles avec l'âge, l'accumulation de saleté et de la présence de stries secondaires causées par des stress, il est parfois difficile d'évaluer le nombre d'anneaux de croissance annuels externes. Cette méthode mène parfois à une surestimation de l'âge des jeunes mactres et à une sous-estimation de l'âge des vieux individus (Jones et al. 1978).

La méthode la plus efficace pour déterminer l'âge est l'observation des lignes de croissance internes visibles sur une coupe de la coquille depuis l'umbo jusqu'à la marge ventrale tel qu'utilisée par Jones et al. (1978), Ropes et O'Brien (1979) et Sephton et Bryan (1990). Ce type de coupe révèle que la coquille de la mactre de l'Atlantique est constituée de zones opaques séparées par des stries grises et translucides appelées lignes de croissance internes. L'espacement entre les lignes de croissance diminue vers la marge extérieure de la coquille car le taux de croissance de la mactre diminue avec l'âge. La partie idéale pour dénombrer les stries de croissance est le chondrophore. Il s'agit de la

dépression en forme de cuillère située au niveau de la charnière qui retient un cartilage, nommé résilium.

Vingt-six (26) mactres parmi les 201 individus récoltés lors du suivi du cycle reproducteur ont été âgées. Deux mactres pour chaque classe de 1 mm de longueur ont été sélectionnés pour la gamme des tailles disponibles. La méthode de préparation des coquilles consiste à les couper dans le sens de la largeur à l'aide d'une scie Isomet (Buehler, Québec). Cette première coupe doit être effectuée près du centre du chondrophore. La moitié de coquille ainsi obtenue est collée à la verticale sur une lame de verre à l'aide de colle Epoxy (Lepage, numéro 12). Une fois le montage bien sec, la coquille est à nouveau coupée près de la lame pour ne laisser qu'une fine lamelle de coquille sur celle-ci. Après un léger sablage, les lignes de croissance situées sur le chondrophore sont observées par transparence avec un microscope stéréoscopique à un grossissement de 60X.

2.3 Exploitation

Les données de la pêche à la mactre de l'Atlantique utilisées dans le cadre de ce rapport sont fragmentaires. Ils proviennent de récépissés d'achat de l'usine, de journaux de bord de la pêche mécanisée (depuis 2002) et de pêcheurs - repères qui pratiquent une cueillette manuelle en plongée sous-marine (information pour l'année 2002 seulement) et finalement de l'échantillonnage des captures effectué par le ministère des Pêches et des Océans (MPO). Les pêcheurs à la drague colligent pour chaque jour de pêche, la date, la durée de la pêche, le poids de la capture, la position en latitude – longitude ainsi que la zone de pêche. Ces données servent au calcul des prises par unité d'effort (kg/h·m). Dans ce cas-ci, l'unité d'effort standardisée correspond à une heure de pêche avec une drague d'un mètre de large (h·m). Les prises par unité d'effort calculées à partir des journaux de bord fournis par quelques plongeurs (pêcheur - repère) seulement pour 2002 sont exprimées en kg/h. Il n'y a donc pratiquement aucune information pour les cueilleurs manuels, même si ceux-ci récoltent une part non négligeable des captures. Il faut préciser que les débarquements et les rendements de la pêche présentés pour l'année 2004 sont préliminaires puisqu'au moment de la rédaction, il manquait encore des informations.

Les captures de la mactre de l'Atlantique sont échantillonnées depuis 2002, mais l'intensité d'échantillonnage est affectée par la difficulté d'accéder aux débarquements puisque les pêcheurs ne sont pas tenus de fournir leurs prises aux usines de transformation (Tableau 2). Il y a deux types d'échantillonnage. Le premier type, dit en mer, permet de recueillir des données précises sur la localisation des gisements, les prises par unité d'effort et la caractérisation démographique des mactres pêchées. Le deuxième type d'échantillonnage est effectué à quai ou à l'usine. Dans ce dernier cas, l'échantillonnage fournit des informations sur la structure de taille des mactres débarquées.

Les principaux résultats de trois relevés exploratoires à la drague hydraulique réalisés en 1978, 1984 et 1985 aux Îles-de-la-Madeleine sont également évoqués dans ce document. Les densités présentées sont exprimées en nombre de mactres par unité d'effort (h·m) pour chaque station inventoriée. La description détaillée des informations recueillies lors de chacun des relevés exploratoires est présentée dans Bernier et Poirier (1979), Fréchette et Giguère (1986) et Bio-Conseil Inc. (1986).

Tableau 2. Nombre d'échantillons de mactres de l'Atlantique recueillis par type d'échantillonnage et par catégorie de pêche.

Année	Échantillonnage en mer		Échantillonnage à quai	
	Drague	Cueillette manuelle	Drague	Cueillette manuelle
2002	4			
2003	3	7		
2004			4	6

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 BIOLOGIE DE L'ESPÈCE

3.1.1 Généralités

La mactre de l'Atlantique, communément appelée palourde est un bivalve qui vit le long de la côte atlantique nord-américaine, de la baie de Gaspé dans le golfe du Saint-Laurent (Canada) jusqu'à Cap Hatteras en Caroline du Nord (États-Unis) (Medcof et MacPhail 1955, Bousfield 1964, Yancey et Welch 1968). La mactre de l'Atlantique compte deux sous-espèces, *S. solidissima solidissima* (Dillwyn 1817), présente au Québec, et *S. solidissima similis* (Say 1822) qui se retrouve plus au sud sur la côte Atlantique.

L'habitat de la mactre s'étend de la ligne de marée basse (limite supérieure de l'infralittoral) jusqu'à une profondeur d'environ 30 à 60 mètres selon les régions (Merrill et Ropes 1969, Caddy et al. 1974, Jones 1981, Dietl et Alexander 1997). Dans le golfe du Saint-Laurent, l'abondance des mactres est plus élevée dans la partie supérieure de l'infralittoral et diminue en fonction de la profondeur alors que plus au sud, aux États-Unis, l'abondance est plus élevée en eau profonde (Medcof et MacPail 1955, Yancey et Welch 1968, Caddy et al. 1974, Robert 1981). La mactre de l'Atlantique affectionne les substrats sablonneux des bancs côtiers. Les plus fortes concentrations sont généralement retrouvées dans les bancs composés de sable moyen et de gravier (Kerswill 1944, Medcof et MacPhail 1955, Yancey et Welch 1968). Il est également possible de la trouver dans des substrats mixtes de sable, de vase et de gravier (Fréchette et Giguère 1986).

Les mactres sont des organismes endobenthiques, c'est-à-dire qu'elles s'enfouissent dans le substrat. Une fois installées dans leur milieu, elles effectuent rarement des déplacements volontaires (Ropes et Merrill 1973). Par contre, des déplacements peuvent être provoqués par de forts courants et l'action des vagues lors des tempêtes ou par l'action des engins de pêche qui perturbent leur habitat et les amènent à la surface des sédiments (Yancey et Welch 1968, Ropes et Merrill 1973, Meyer et al. 1981). Les mactres qui survivent à ces perturbations ont toutefois la capacité de s'enfouir à nouveau (Ropes et Merrill 1973).

La salinité et la température sont deux facteurs importants qui limitent la distribution de cette espèce. La température est le principal facteur contrôlant la distribution géographique de la mactre tandis que la salinité est le facteur principal contrôlant la distribution régionale (SenPaq Consultants 1989). Bien que la mactre soit capable de

tolérer des salinités relativement faibles, elle préfère les eaux océaniques et elle est généralement absente des estuaires et des baies fermées (Yancey et Welch 1968). Une salinité de 15 ‰ peut être létal pour la mactre. Elle est également absente là où la température de l'eau au fond est supérieure à 25 °C (Cargnelli et al. 1999). Selon certaines études, la fertilisation des ovules serait optimale à des températures variant de 6 à 25 °C, des salinités de 20 à 35 ‰ et des pH de 7,8 à 10 (Allen 1953, Castagna et Chanley 1973, Clotteau et Dubé 1993 cités dans Cargnelli et al. 1999). Même si les mactres adultes sont probablement capables de survivre dans un environnement plus extrême, il est normal de penser que les facteurs limitant la reproduction devraient, par la même occasion, limiter la distribution des mactres adultes.

Le degré de saturation en oxygène dissous est également un facteur qui peut influencer la distribution et la survie des mactres. À titre d'exemple, de fortes mortalités ont été enregistrées en 1976 entre Sandy Hook et Cape May au New Jersey à la suite d'une diminution importante du taux d'oxygène dissous dans l'eau (< 2 ppm) (Garlo et al. 1979, Ropes et al. 1979, Sidermann et Swanson 1979).

Il y a donc plusieurs éléments qui influencent la biologie ainsi que la distribution de la mactre de l'Atlantique, mais il est toutefois difficile de dissocier l'action de chacun des facteurs. En fait, chez les invertébrés marins, il semblerait que les interactions entre la température, la salinité et même la photopériode soient particulièrement importantes (Bayne 1976).

3.1.2 Prédation

La mactre de l'Atlantique est la proie de plusieurs espèces d'invertébrés et de poissons. Parmi ceux-ci, notons les crabes *Cancer irroratus*, *Cancer borealis*, *Ovalipes ocellatus* et *Limulus polyphemus* (Meyer et al. 1981, Mackenzie et al. 1985, Stehlik 1993), l'étoile de mer *Asterias forbesi* (Meyer et al. 1981, Weissberger 1999), les Naticidae *Polinices* sp., *Lunatia heros* et *Neverita duplicata* (Caddy et al. 1974, Dietl et Alexander 1997, Weissberger 1999), la morue *Gadus morhua* (Caddy et al. 1974) et l'aiglefin *Melanogrammus aeglefinus* (Clapp 1912, Clarke 1954 cité dans Mackenzie et al. 1985). La crevette à sept épines, *Crangon septemspinosa*, se nourrit aussi de jeunes mactres récemment établies dans le substrat (Cargnelli et al. 1999). Les oiseaux marins sont également des prédateurs de la mactre (Yancey et Welch 1968, Caddy et al. 1974). Mackenzie et al. (1985) mentionnent que dans la région du New Jersey, les crabes seraient responsables de 48 à 100 % des mortalités par prédation tandis que les Naticidae seraient responsables d'un peu plus de 2 % de ces mortalités. Dans la même région, Stehlik (1993) a également noté que la mactre de l'Atlantique était la proie la plus rencontrée dans la diète du crabe *O. ocellatus*.

3.1.3 Reproduction et développement larvaire

Chez la mactre de l'Atlantique, les sexes sont séparés et il n'y a pas de dimorphisme sexuel. La distinction des mâles et des femelles ne peut se faire qu'à partir d'un examen microscopique des tissus gonadiques. Des cas isolés d'hermaphrodisme ont été observés en milieu naturel. Contrairement à la condition normale dioïque, les gonades des hermaphrodites contiennent des follicules testiculaires et ovariens distincts avec des

cellules sexuelles des deux sexes (Ropes 1966). Cette anomalie pourrait être une réponse de la population face à un rapport des sexes non balancé. Davantage d'individus hermaphrodites ont été dénombrés dans les échantillons contenant un nombre beaucoup plus élevé de femelles que de mâles (Ropes 1982).

La fécondation des ovocytes matures (ovules) s'effectue librement dans la colonne d'eau (Ropes 1978). Dans l'état de la Géorgie, la fécondité de la mactre (sous-espèce *S. solidissima similis*) est évaluée entre 0,14 et 13 millions d'ovules pour des individus de 26 à 50 mm de longueur (Walker et al. 1996).

La durée de la phase larvaire planctonique est principalement déterminée par la température de l'eau. Ainsi à 14 °C, la durée est de 35 jours, tandis qu'elle n'est que de 19 jours à 22 °C (Loosanoff et Davis 1963). La phase larvaire prend fin avec la métamorphose en juvénile qui marque la transition de la vie planctonique à la vie benthique (Ropes 1980). En général, la longueur antéropostérieure de la coquille lors de la métamorphose varie entre 230 et 250 μm (Loosanoff et Davis 1963).

3.1.4 Croissance

La croissance de la coquille se fait par l'ajout de matériel au niveau de la marge extérieure. Des études menées au New Jersey montrent que la mactre peut atteindre une taille maximale de 226 mm (Ropes et Ward 1977, Ropes 1980) et que sa longévité peut atteindre de 30 à 37 ans selon les auteurs (Jones et al. 1978, Sephton et Bryan 1990, Weinberg 1999). La relation longueur - âge déterminée pour les Îles-de-la-Madeleine par Gendron (1988) montre une croissance rapide durant les six premières années. Cette courbe de croissance, calculée d'après le modèle de von Bertalanffy, suggère que la taille maximale serait d'environ 130 mm. La taille légale de 76 mm serait atteinte en quatre ou cinq ans.

Les mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003, dans le cadre des travaux sur le cycle reproducteur, mesuraient entre 75 et 92 mm de longueur et étaient âgées de quatre à six ans (Figure 4). Les longueurs à l'âge montrent beaucoup de variabilité. Ces résultats s'ajustent en partie aux données de croissance de Gendron (1988) pour les mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine.

L'étude menée par Jones et al. (1978) en Virginie révèle que la croissance des mactres en eau profonde et en eau peu profonde est semblable durant les trois premières années mais que, par la suite, la croissance des mactres en eau profonde est plus rapide. Ambrose et al. (1980) ont également remarqué que la taille maximale des mactres vivant en eau profonde est supérieure à celle des mactres vivant en eau peu profonde après 5 ans. Cette différence serait due à la plus grande stabilité de l'environnement en eau profonde (moins de perturbations par les vagues et moins grandes variations de la température).

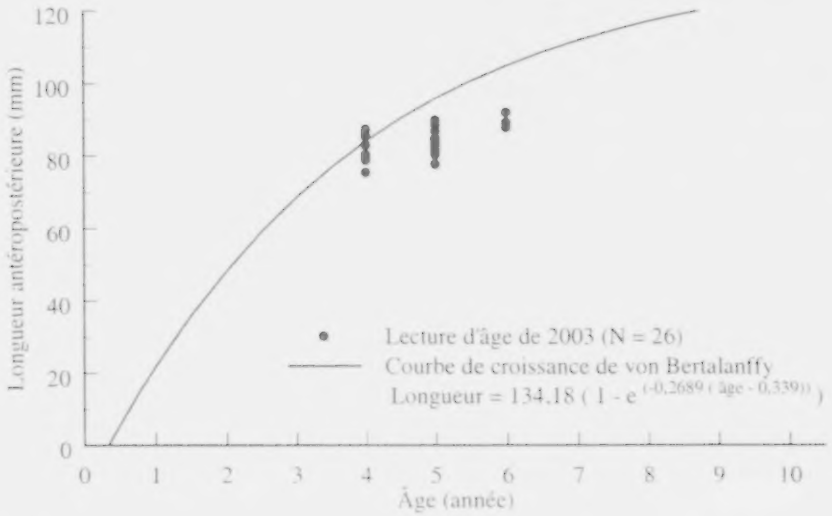


Figure 4. Âge des mactres de l'Atlantique recueillies aux Îles-de-la-Madeleine en 2003 déterminée à partir des stries de croissance sur le chondrophore et courbe de croissance révisée provenant des données de Gendron (1988).

Walker et Heffernan (1994) suggèrent d'autre part que le taux de croissance de la mactre de l'Atlantique serait corrélé négativement à la latitude durant les trois premières années de leur vie. Cependant, que ce soit à grande ou à petite échelle, d'autres facteurs tels que la température de l'eau, la salinité, la profondeur, la disponibilité de nourriture, la densité et l'effort de pêche, et leurs interactions font varier les taux de croissance (Ambrose et al. 1980, Jones et al. 1983, Sephton et Bryan 1990, Cerrato et Keith 1992, Weinberg et Helser 1996). Jones et al. (1983) ont démontré que la croissance est plus rapide au printemps et en été lorsque les températures sont élevées, qu'elle ralentit à l'automne avec la baisse des températures et qu'elle est inexistante en hiver. Une étude de Weinberg (1998) montre que la densité peut avoir un effet négatif sur la mactre et que l'ampleur de cet effet augmente en fonction de l'âge. En comparant huit courbes de croissance provenant de différentes études réalisées au Canada et aux États-Unis entre 1976 et 1990, Sephton et Bryan (1990) ont bien démontré que les taux de croissance variaient passablement entre les différentes régions.

3.1.5 Cycle reproducteur

3.1.5.1 Généralités

L'approche privilégiée à ce jour pour décrire le cycle reproducteur de la mactre est l'analyse de coupes histologiques de gonades de spécimens récoltés de façon périodique au cours d'une même année. Cette méthode permet de décrire l'évolution du développement des gonades dans le temps (Ropes 1968, Jones 1981, Sephton 1987, Dubé et al. 1990, Spruck et al. 1995).

Au New Jersey, la mactre de l'Atlantique commence à produire des gamètes dès l'âge de trois mois alors qu'elle mesure aussi peu que 5,1 mm de longueur de coquille (Chintala et

Grassle 1995). La maturité sexuelle est atteinte à des tailles et des âges très variables suivant les régions. À l'Île-du-Prince-Édouard, les mactres sont matures sexuellement vers l'âge de quatre ans à une longueur variant de 80 mm dans le golfe du Saint-Laurent à 95 mm dans le secteur de Cardigan Bay (Sephton et Bryan 1990). Aux Îles-de-la-Madeleine, les mactres échantillonnées en 2003 (75 à 92 mm) étaient sexuellement matures.

Il semblerait que la gamétogenèse ainsi que le déclenchement et la durée de la ponte varient d'une année à l'autre probablement en réponse à différents facteurs environnementaux (Jones 1981). Bien qu'elle ne soit pas le seul facteur à considérer, une température minimale est probablement nécessaire pour initier la ponte (Ropes 1968). Les résultats de Jones (1981) suggèrent que la partie majeure de la période de ponte coïncide avec les températures les plus élevées. Chintala et Grassle (2001) mentionnent que la ponte a lieu lorsque la température du milieu ambiant se situe entre 12 et 13 °C. Sephton (1987) a également observé que la maturation des gonades s'effectue plus rapidement lorsque la température de l'eau atteint 15 °C.

Les variations des facteurs abiotiques entre les années et les régions peuvent également influencer le moment et la durée de la ponte chez la mactre. Dans la région du New Jersey, Ropes (1968) a observé en eau profonde (entre 18 et 32 m et sous la thermocline) une période de ponte concentrée en juillet et août. Jones (1981), quant à lui, a observé dans la même région en eau peu profonde (entre 6 et 10 m) un début de ponte en juin avec un pic d'août à octobre et quelques pontes tardives à la fin novembre. Plus au nord, à l'Île-du-Prince-Édouard, Sephton (1987) rapporte des mactres en ponte dès juin, avec des fréquences élevées de spécimens en ponte du début juillet à la mi-septembre et quelques pontes tardives à la mi-octobre. Dubé et al. (1990) rapportent une ponte de la mi-juillet à la fin octobre avec un pic en août et septembre aux Îles-de-la-Madeleine.

Selon la région et les années, il est possible d'observer plus d'une ponte annuelle. Au New Jersey, sur quatre années d'étude, Ropes (1968) a observé trois années de suite une deuxième ponte en automne chez les mactres vivant en eau profonde. Par contre, dans la même région, Jones (1981) n'a décelé qu'une seule période de ponte chez les mactres vivant en eau peu profonde. Plus au nord, à Sagadahoc Bay sur la côte du Maine, Ropes (1968) n'a décelé qu'une seule période de ponte. Les études menées dans le sud du golfe du Saint-Laurent ont également montré une seule période de ponte (Sephton 1987, Dubé et al. 1990). Selon Dubé et al. (1990), la probabilité d'observer une seconde ponte aux Îles-de-la-Madeleine serait très faible en raison de la période de reproduction tardive.

Les résultats cités précédemment montre des variations dans la saison de reproduction selon la latitude et la durée de la saison chaude, comme c'est possible de l'observer chez plusieurs invertébrés marins (Giese 1959 cité dans Sephton 1987).

3.1.5.2 Cycle reproducteur aux Îles-de-la-Madeleine

Sur les 201 individus récoltés au hasard durant la période du 28 avril au 5 novembre 2003, il y avait 93 femelles, 91 mâles et 17 individus dont le sexe n'a pu être déterminé, pour un rapport des sexes de 1,02 femelle pour 1 mâle. À l'exception du stade 5, il y avait un minimum de 11 individus par sexe et par stade de développement (Tableau 3). Quant au stade 5 (récupération), la presque totalité des individus étaient de sexe indéterminé.

Tableau 3. Nombre de mactres de l'Atlantique par sexe pour chacun des stades du développement gonadique observés aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

Stade	Nombre de mâles	Nombre de femelles	Nombre d'indéterminés
1	11	16	0
2	22	17	0
3	37	27	0
4	20	32	0
5	1	1	17
Total	**91**	**93**	**17**

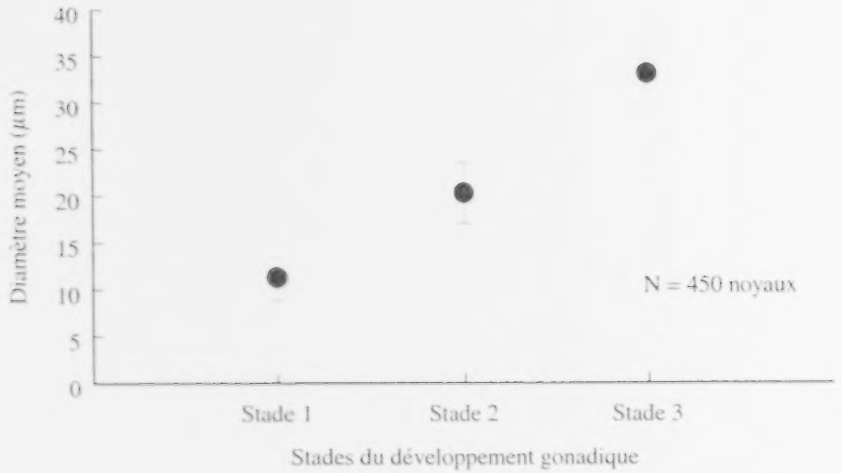


Figure 5. Diamètre moyen (± un écart-type) du noyau des ovocytes pour les trois premiers stades du développement gonadique de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

Le stade 1, premier stade de développement, est caractérisé chez les femelles par la présence d'ovocytes dont le diamètre moyen du noyau est de 11,3 µm (4,1 à 17,1 µm) (Figure 5). Les résultats des analyses montrent que les ovocytes occupent 44 % de la gonade à ce stade (Figure 6). La lumière folliculaire et l'espace interfolliculaire sont également importants et couvrent respectivement 26 % et 21 % de la gonade. Au stade 2, stade actif de développement, les ovocytes augmentent de volume et le diamètre moyen du noyau est dans ce cas-ci de 20,3 µm (14,0 à 30,6 µm) (Figure 5). Ces ovocytes occupent en moyenne 71 % de la gonade, des ovocytes plus petits (stade 1) sont toutefois encore présents (6 %) (Figure 6). La lumière folliculaire diminue et n'occupe plus que 7 % de l'espace. Chez les femelles matures (stade 3), les ovocytes matures occupent la presque totalité de la gonade (89 %) (Figure 6). Le diamètre moyen des noyaux de ces ovocytes est de 30,1 µm (24,4 à 42,6 µm) (Figure 5). Quelques ovocytes au stade 2 sont parfois visibles (2 %). L'espace interfolliculaire (5 %) et la membrane basale (4 %) couvrent le reste de la gonade.

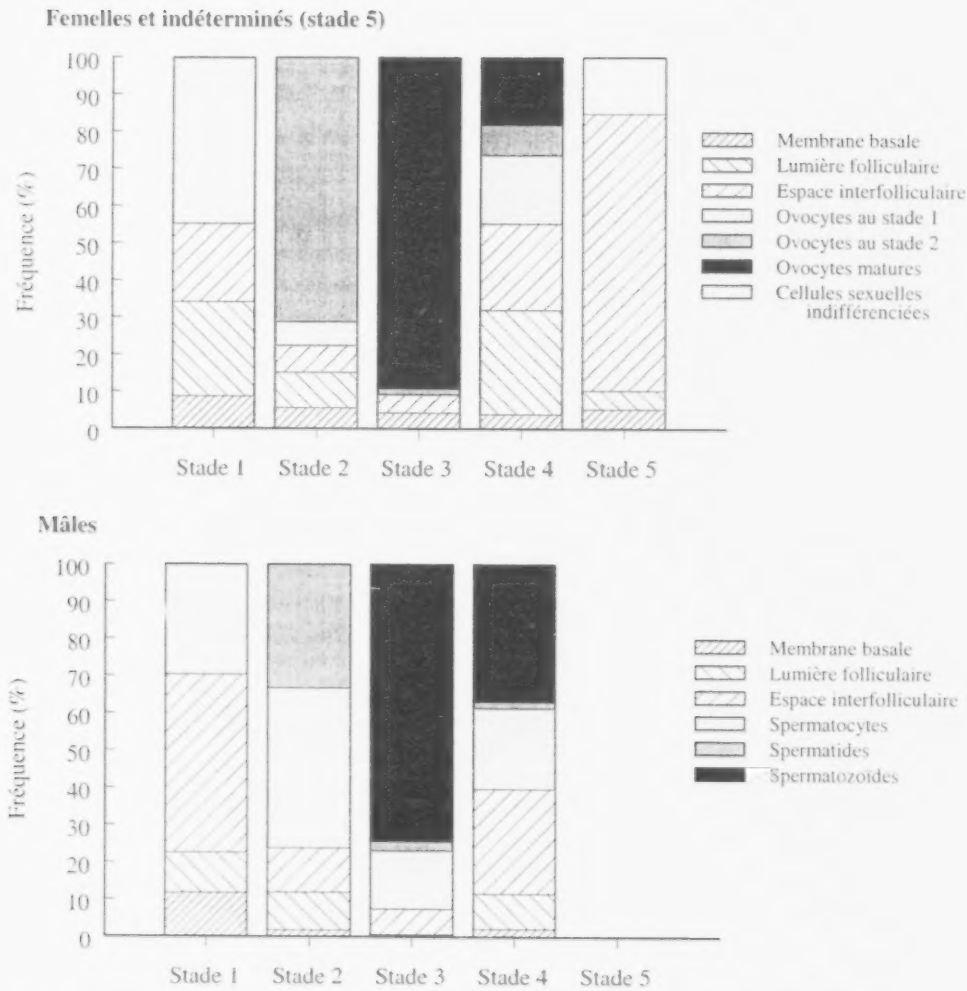


Figure 6. Fréquence d'observations des différentes structures gonadiques selon les stades du développement gonadique de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine en 2003.

Chez les mâles au stade 1, premier stade de développement, les spermatocytes occupent 29 % de la gonade. L'espace interfolliculaire est très important et compte pour 48 % de la gonade. La membrane basale et la lumière folliculaire sont présentes dans des proportions respectives de 12 et 11 %. Au stade 2, stade actif de développement, les spermatocytes et les spermatides occupent en moyenne 43 et 33 % respectivement de la gonade. L'espace interfolliculaire et la lumière folliculaire couvrent encore près de 22 % de l'espace gonadique. La gonade des mâles matures (stade 3) est couverte en moyenne à 74 % par les spermatozoïdes et à 18 % par les spermatocytes et les spermatides.

Au stade de la ponte (stade 4), les proportions des différentes structures gonadiques varient beaucoup avec le temps. Que ce soit chez les femelles ou les mâles, toutes les structures sont présentes dans des proportions variant entre 1 et 32 %. L'espace

interfolliculaire et la lumière folliculaire prennent de plus en plus de place avec la libération des gamètes matures. Au stade de récupération (stade 5), c'est l'espace interfolliculaire qui occupe la plus grande partie de la gonade, soit 74 % (Figure 6). Les cellules sexuelles indifférenciées représentent seulement 15 % de l'espace de la gonade à ce stade.

Compte tenu de la période et de la fréquence d'échantillonnage retenues aux Îles-de-la-Madeleine en 2003, il est difficile de préciser la durée exacte de chacun des stades du développement gonadique de la mactre. À la fin du mois d'avril et au début du mois de mai, quelques individus des deux sexes sont au premier stade de développement (stade 1) tandis que la majorité (75 à 90 %) des mactres sont au stade actif de développement (stade 2) (Figure 7). Au 21 mai, 53 % des mactres sont encore au stade actif de développement.

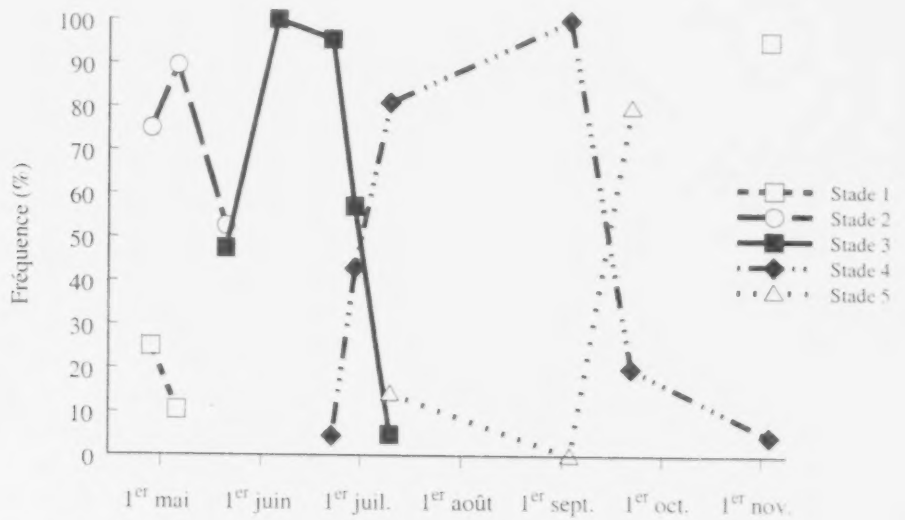


Figure 7. Pourcentage de mactres de l'Atlantique, sexes confondus, par stade de développement gonadique et date d'échantillonnage en 2003 aux Îles-de-la-Madeleine.

La presque totalité des individus recueillis (95 %) sont au stade 1 au début du mois de novembre, ce qui laisse supposer que les mactres passent la période hivernale à ce stade. Sephton (1987) a observées en 1985, à l'Île-du-Prince-Édouard, des gonades au stade 1 non seulement en novembre mais également au début du mois de mai, avant l'amorce du stade actif de développement. Dubé et al. (1990) ont observé, aux Îles-de-la-Madeleine, des mactres dont les gonades étaient au stade 1 du mois de mars au mois de mai.

Le stade de la maturité (stade 3) est rencontré de la mi-mai à la mi-juillet avec un pic en juin, alors que 90 à 100 % des mactres observées sont à ce stade (Figure 7). Le pourcentage d'individus dont les gamètes sont matures augmente rapidement entre le 21 mai et le 6 juin, passant de 47 à 100 %.

Aux Îles-de-la-Madeleine, la ponte chez la mactre de l'Atlantique débute environ à la troisième semaine de juin et s'étend jusqu'au début septembre. Au début des mois de

juillet et septembre, respectivement 81 % et 100 % des individus sont en ponte. Cette proportion chute à 20 % le 23 septembre. Un individu mâle (sur un total de 22) avait encore une quantité assez importante de spermatozoïdes dans les follicules le 5 novembre 2003.

L'absence d'échantillon au mois d'août ne permet pas de déterminer avec précision si l'intensité de la ponte est élevée de la mi-juillet jusqu'au début septembre ou s'il y a plus d'un épisode de pontes partielles tel que déjà observé aux États-Unis (New Jersey) par Ropes (1968). Toutefois, il est probable que la ponte aux Îles-de-la-Madeleine se déroule en un seul épisode. Deux études, une à l'Île-du-Prince-Édouard (Sephton 1987) et l'autre aux Îles-de-la-Madeleine (Dubé et al. 1990), appuient cette dernière hypothèse.

Le fait d'observer encore 20 % des mactres en ponte le 23 septembre suggère que la ponte puisse se poursuivre après cette date. Faute de résultat pour le mois d'octobre, il est difficile de déterminer précisément à quel moment la ponte prend fin. Les travaux de Dubé et al. (1990) suggère toutefois que la ponte se terminerait à la fin octobre aux Îles-de-la-Madeleine. Sephton (1987) mentionne que la ponte prend fin abruptement à l'automne lorsque la température de l'eau diminue.

Quelques individus ont été observés au stade 5 (récupération) dès le mois de juillet, mais ce n'est qu'à partir du 23 septembre que la proportion de mactres à ce stade augmente à un niveau qui est inversement proportionnel à celui des individus en ponte. À la dernière date d'échantillonnage en novembre, aucun individu n'a été observé à ce stade.

Une comparaison de nos résultats avec ceux de Dubé et al. (1990) montre un léger décalage au niveau de la période de ponte (Figure 8). Selon Dubé et al. (1990), le début de la ponte aurait lieu à partir de la mi-juillet avec un pic commençant à la mi-août tandis que nos résultats montrent un début de ponte dès la fin juin avec un pic commençant début juillet. Ce décalage s'explique probablement par la variabilité interannuelle des facteurs environnementaux, un effet du site ou de la condition des organismes. La température est un des facteurs les plus susceptibles d'expliquer ces variations car elle influence la durée des différents stades de développement du cycle reproducteur de la mactre de l'Atlantique (Ropes 1968, Jones 1981, Sephton 1987). Ces auteurs suggèrent qu'une saison froide peut retarder le développement des gonades et le moment de la ponte.

Les résultats présentés, traitant les sexes séparément, suggère que le développement gonadique des mâles se ferait légèrement plus tôt que celui des femelles (Figure 9). En effet, dès le premier échantillonnage du 28 avril 2003, tous les mâles sont au stade actif de développement alors que seulement 50 % des femelles sont à ce stade, le reste des femelles étant encore au premier stade de développement. Les mâles passent également au stade de maturité avant les femelles puisque le pourcentage de mâles à ce stade est de 73 % le 21 mai alors que celui des femelles n'est que de 12 %.

Contrairement à Sephton (1987), les résultats de cette étude montrent que les femelles pondent un peu avant les mâles, et ce malgré le fait que les premiers stades du développement gonadique soient légèrement plus hâtifs chez les mâles que chez les femelles. Le 30 juin 2003, 73 % des femelles sont en ponte comparativement à 10 % pour les mâles. Ce n'est qu'à partir du 11 juillet que la majorité (71 %) des mâles sont en ponte. Au début du mois de septembre, 100 % des mactres des deux sexes sont en ponte.

Ce pourcentage tombe à 11 % pour les femelles et à 27 % pour les mâles le 23 septembre tandis que la proportion des individus au stade de récupération, sexes confondus, dépasse 73 %. Toutefois, le 5 novembre 2003, toutes les femelles et 92 % des mâles sont au premier stade de développement.

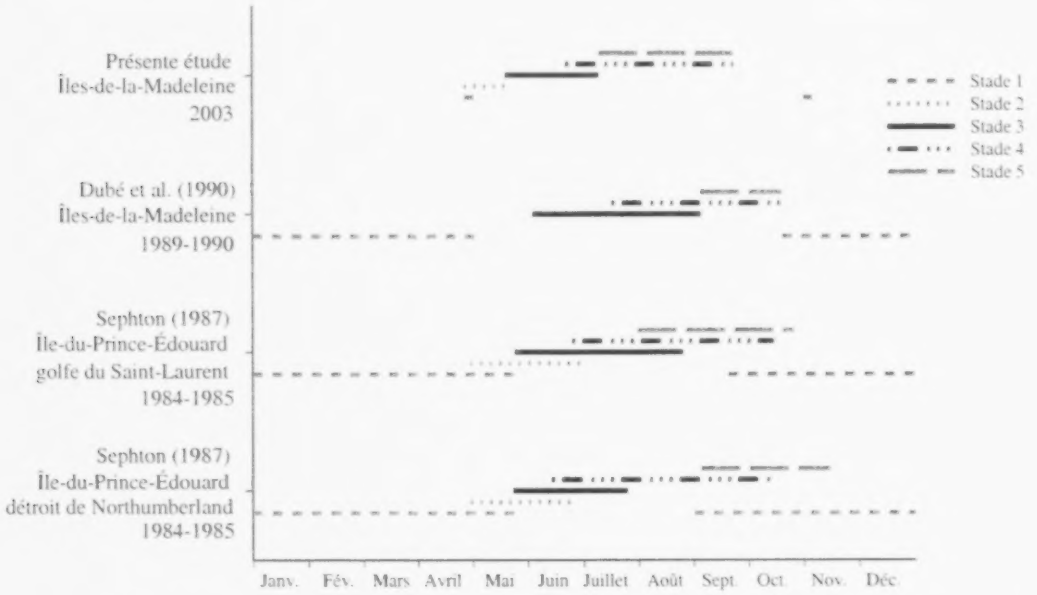


Figure 8. Durée des différents stades du développement gonadique de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine et à l'Île-du-Prince-Édouard.

Outre quelques différences mineures entre les deux sexes, les résultats montrent clairement qu'il y a un synchronisme entre les sexes au niveau du développement gonadique et de la ponte sur les sites échantillonnés en 2003. Les gamètes matures sont présents principalement en juin et la ponte a lieu principalement de juillet à septembre chez les deux sexes. Il n'est cependant pas exclu qu'il y ait de légères différences dans la période de ponte pour d'autres sites des Îles-de-la-Madeleine.

3.2 Exploitation

En 2002 et 2003, les débarquements de la mactre de l'Atlantique étaient de près de 30 000 t et atteignaient une valeur d'environ 36 millions $ US sur la côte atlantique des États-Unis (Tableau 4). Elle est l'espèce de bivalve, de type « clam », ayant la deuxième plus haute valeur commerciale et représente celle qui est la plus récoltée en terme de volume.

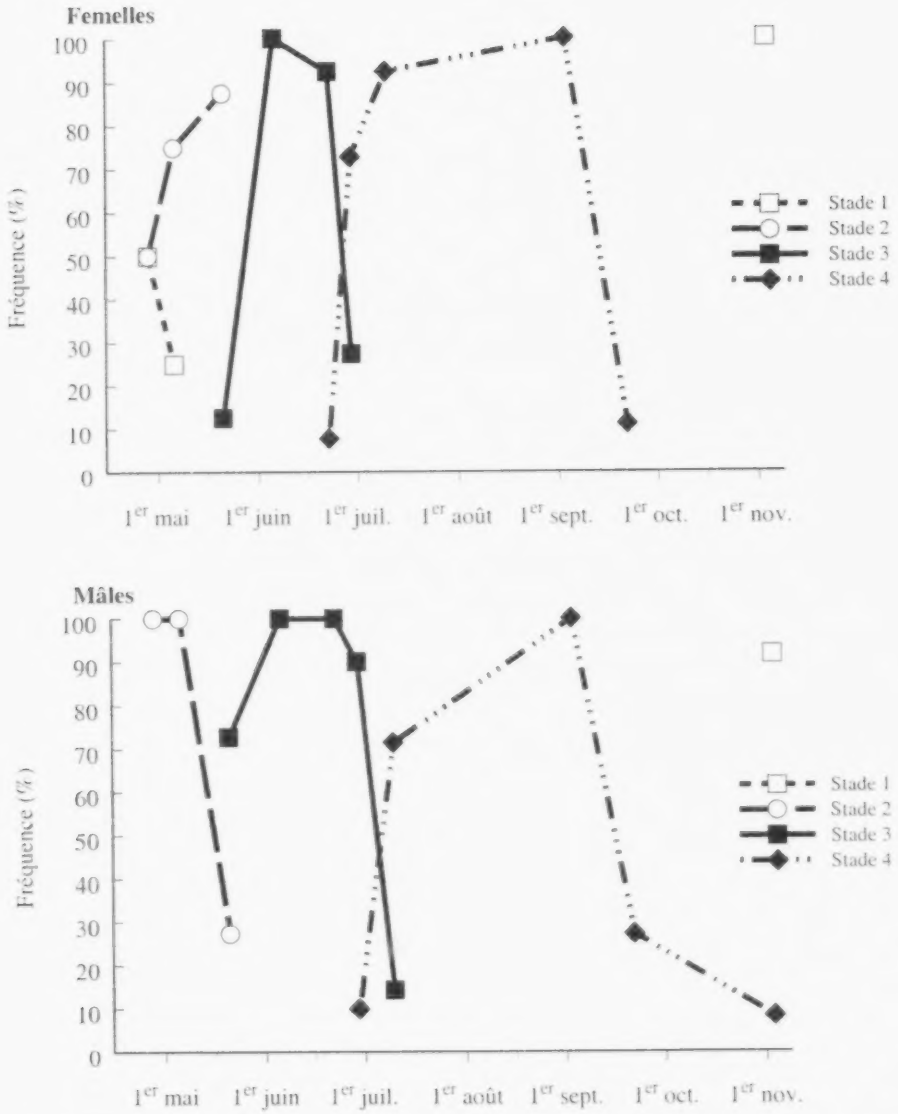


Figure 9. Pourcentage de mactres de l'Atlantique, femelles et mâles, aux stades 1, 2, 3 et 4 du développement gonadique par date d'échantillonnage en 2003 aux Îles-de-la-Madeleine.

Tableau 4. Débarquements (t) et valeur ($ US) au débarquement des quatre bivalves du type « clams » les plus importants commercialement aux États-Unis en 2002 et 2003 (source National Marine Fisheries Service 2003).

Espèce	Débarquements		Valeur	
	2002	2003	2002	2003
Spisula solidissima (Mactre de l'Atlantique)	29 624,0	29 868,4	35 576 501	36 772 871
Arctica islandica (Quahog nordique)	9 818,3	16 223,2	15 379 901	22 427 331
Mercenaria mercenaria (Palourde américaine)	4 495,8	4 557,4	43 839 193	46 571 070
Mya arenaria (Mye commune)	1 446,6	1 402,5	17 002 134	17 802 674

Au Canada, la mactre de l'Atlantique est présente principalement dans le sud du golfe du Saint-Laurent (Caddy et al. 1974). Son exploitation est cependant beaucoup moins importante qu'aux États-Unis. Elle est pêchée principalement à l'Île-du-Prince-Édouard ainsi qu'au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et au Québec (Îles-de-la-Madeleine) (Tableau 5). Il est à noter que les débarquements de cette espèce sont probablement sous-estimés en raison de la pêche récréative pratiquée dans l'est du Canada.

Tableau 5. Débarquements (t) et valeur ($ CA) au débarquement de la mactre de l'Atlantique de 1999 à 2003 pour différentes provinces du Canada.

	Île-du-Prince-Édouard	Nouveau-Brunswick	Nouvelle-Écosse	Québec [1]	Terre-Neuve
Débarquements					
1999	238,1	57,2	30,9	0,3	
2000	208,8	12,4	36,2		0,7
2001	382,4	143,0	34,6		
2002	447,7	161,4	79,6	105,3	
2003	654,4	178,9	57,4	115,0	
Valeur au débarquement					
1999	267 754	103 173	51 708	560	
2000	220 156	13 735	58 946		1 500
2001	350 094	253 875	69 655		
2002	407 561	275 256	132 911	89 910	
2003	624 649	302 023	126 206	101 957	

[1] pêche mécanisée uniquement.

Aux Îles-de-la-Madeleine, il existe une petite population connue de mactre de l'Atlantique (Figure 10). Trois relevés exploratoires ont été réalisés à l'aide d'une drague hydraulique aux Îles-de-la-Madeleine en 1978, 1984 et 1985 (Bernier et Poirier 1979, Bio-Conseil Inc. 1986, Fréchette et Giguère 1986).

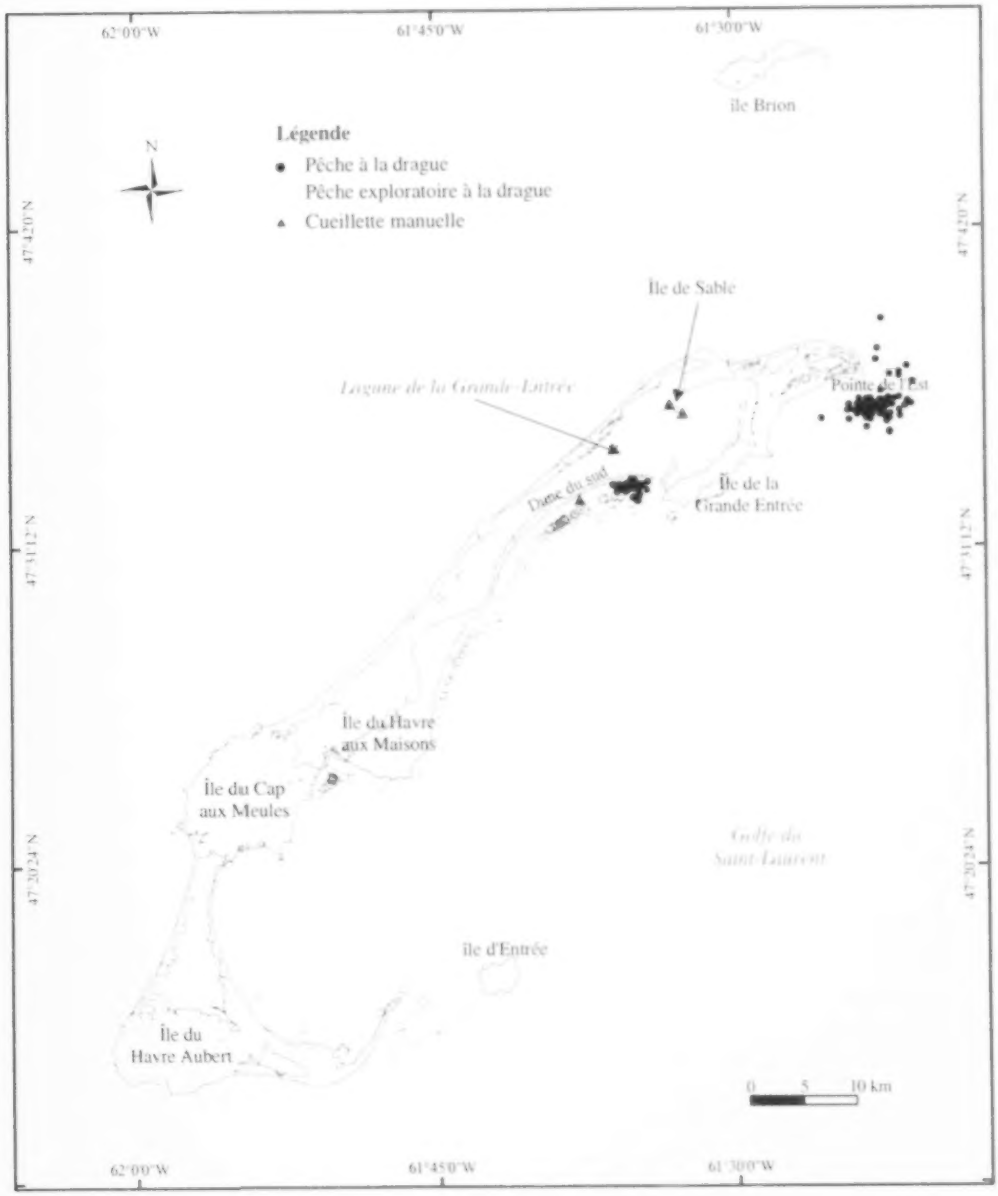


Figure 10. Distribution de la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine, selon les relevés exploratoires de 1978, 1984 et 1985 et de la pêche mécanisée de 2002 à 2004.

À ce jour, la mactre de l'Atlantique a été observée du côté sud-est des Îles-de-la-Madeleine et à l'intérieur de la lagune de la Grande-Entrée. Les rendements moyens (en excluant les stations sans mactre) étaient de 432 mactres/h·m en 1978, de 455 mactres/h·m en 1984 et de 170 mactres/h·m en 1985 (Figure 11). Généralement, les plus fortes concentrations de mactres se retrouvaient à des profondeurs relativement faibles de moins de 5 m.

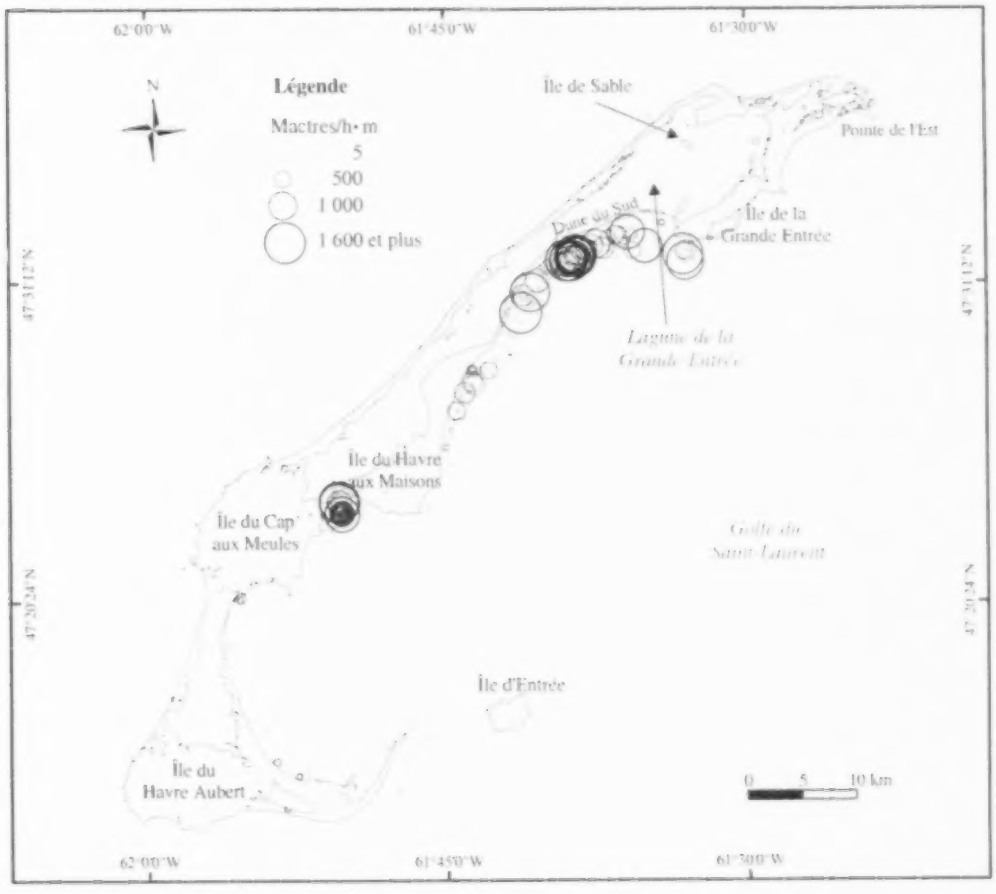


Figure 11. Rendements de mactres de l'Atlantique (nombre/h·m) capturées lors des relevés exploratoires à la drague hydraulique de 1978, 1984 et 1985 aux Îles-de-la-Madeleine.

Cette population de mactres est exploitée depuis quelques décennies par des cueilleurs manuels près de la côte. Mais ce n'est qu'en 1986, que deux permis exploratoires ont été émis par le MPO pour l'exploitation mécanisée de la mactre avec une drague hydraulique. Des débarquements de 46,5 t ont été enregistrés avec des rendements passant de 189,2 à 55,1 kg/h·m au cours de la saison de pêche (Gendron 1988). Toutefois à cette époque, il ne semblait pas possible d'envisager une récolte annuelle soutenue du même ordre. Il est intéressant de mentionner que l'efficacité de la drague hydraulique pour la capture de mactres de Stimpson *(Mactromeris polynyma)* et de mactres de l'Atlantique est estimée à

plus de 90 % pour les individus de tailles assez grandes pour être retenus dans le panier de la drague (Bernier et Poirier 1979, Lambert et Goudreau 1995).

Depuis 2002, la pêche mécanisée (drague hydraulique) à la mactre de l'Atlantique est réglementée. Le MPO a émis en 2004 quatre permis exploratoires pour cette pêche. Les réglementations en vigueur actuellement touchent la saison de pêche, l'espacement entre les tiges de la drague, la largeur maximale de la drague et la taille minimale de capture des mactres. De plus, la pêche n'est pas permise le dimanche (Tableau 6). Cette pêche est assujettie à un contingent global, une clause de participation et l'obligation de remplir un journal de bord. Des vérifications à quai sont effectuées sur 50 % des débarquements. Il est important de noter que la pêche manuelle récréative n'était à peu près pas réglementée jusqu'en 2004. Depuis 2003, le MPO a mis en place une nouvelle réglementation pour l'exploitation des mollusques, dont la mactre de l'Atlantique, incluant la cueillette manuelle (Ministère de la Justice Canada 2004). Cette réglementation définit la pêche récréative comme une activité de récolte de mollusques pour consommation personnelle. Dans ce cas, aucun permis n'est nécessaire, mais les cueilleurs récréatifs doivent respecter la taille minimale de capture de 76 mm et ne peuvent cueillir plus de 300 mactres de l'Atlantique par jour.

Tableau 6. Mesures de gestion utilisées de 2002 à 2004 pour la réglementation de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique aux Îles-de-la-Madeleine.

	2002	2003	2004
Nombre de permis exploratoires	4	4	4
Contingent (t)	113	113	113
Clause de participation (t)		11,3	11,3
Saison de pêche	01/04 au 13/07 01/09 au 30/11	01/04 au 12/07 01/09 au 30/11	01/04 au 10/07 01/09 au 30/11
Espacement entre les tiges (cm)	3,175	3,175	3,175
Largeur de la drague (m)		2,13	2,13
Taille minimale de capture (mm)	76	76	76

Les débarquements provenant de la pêche mécanisée ont été respectivement de 105,3, 115,0 et 111,7 t en 2002, 2003 et 2004, soit pratiquement l'équivalent des contingents (Tableau 7). Par ailleurs, les débarquements estimés pour la cueillette manuelle seraient de l'ordre de 147,4 et 140,6 t pour 2003 et 2004.

Tableau 7. Débarquements mensuels (t) de la mactre de l'Atlantique provenant de la pêche mécanisée de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine.

Année	Avril	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
2002		46,0	39,9	19,3	0,1	**105,3**
2003	6,2	64,8	33,1	10,9		**115,0**
2004		32,6	36,7	32,5	9,9	**111,7**

La pêche mécanisée se concentre presque exclusivement sur deux secteurs situés dans la portion nord-est des Îles-de-la-Madeleine (Figure 12) tandis que la cueillette manuelle se pratique principalement à la lagune de la Grande-Entrée près de l'île de Sable par le cueilleurs à pied et les secteurs de la dune du Sud et à proximité de l'île du Havre aux Maisons par les plongeurs (Figure 11).

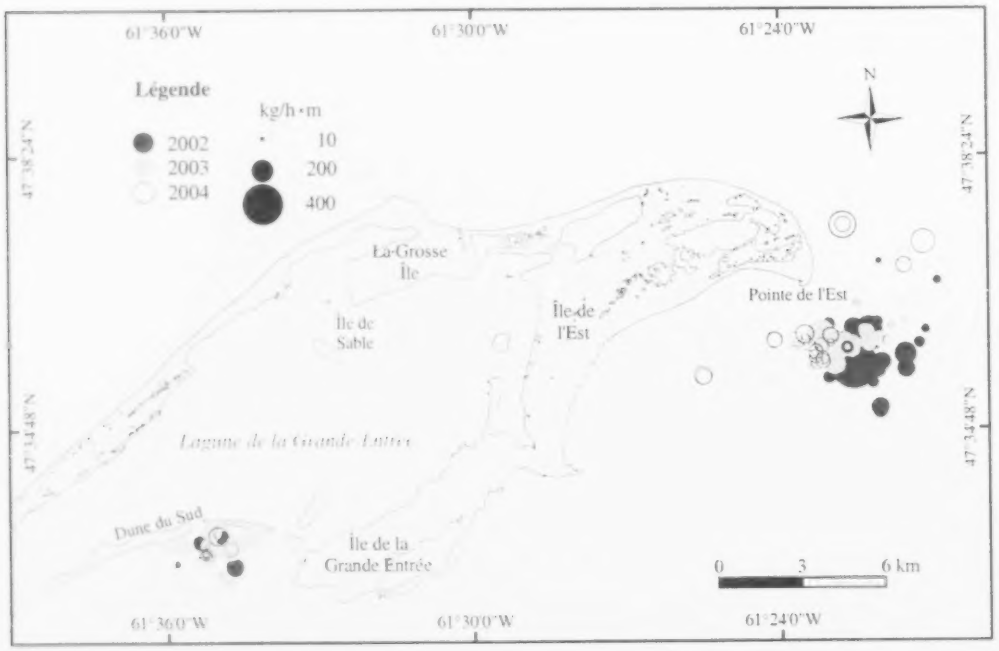


Figure 12. Rendements (kg/h·m) de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique selon les journaux de bord de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine.

Le nombre de voyages de pêche mécanisée à la drague hydraulique se maintient d'une année à l'autre entre 58 et 66 voyages. L'effort de pêche, exprimé en heures de dragage par mètre de drague, est respectivement de 870, 1 177 et 1 208 h·m en 2002, 2003 et 2004. La pêche à la drague s'effectue presque exclusivement durant les mois de septembre à novembre (Figure 13). Quelques voyages ont cependant été réalisés en avril 2003 (effort de 105 h·m) et en décembre 2002 et 2004.

Dans la majorité des cas, les débarquements suivent la tendance de l'effort. Cependant en 2004, malgré une baisse de l'effort entre les mois de septembre et de novembre, les débarquements sont demeurés constants.

Sur le gisement le plus à l'est, la pêche mécanisée semble s'être légèrement déplacée vers la côte en 2004 par rapport à la situation observée en 2002 et 2003. Les rendements moyens annuels affichent une baisse 14,3 % entre 2002 et 2003 et de 12,5 % entre 2003 et 2004 (Tableau 8). Les rendements calculés à partir des échantillonnages en mer montrent la même tendance que celle de 2002 à 2003. Malheureusement, il n'y a pas eu d'échantillonnage en mer de mactres en 2004.

En 2002 et 2003, les rendements de la pêche mécanisée ont diminué au cours la saison de pêche (Tableau 9), tel qu'observé par Gendron (1988) en 1986. Cependant en 2004, la tendance est inversée alors que les rendements les plus élevés sont observés en novembre et en décembre.

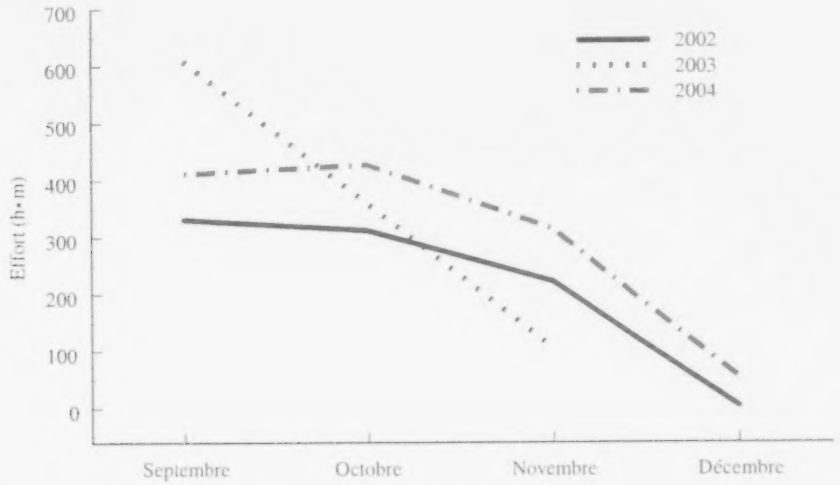


Figure 13. Effort mensuel (h·m) de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine.

Tableau 8. Rendements moyens annuels de la pêche à la mactre de l'Atlantique estimés à partir des journaux de bord et de l'échantillonnage en mer de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine.

Année	Journal de bord	Échantillonnage en mer	
	Drague (kg/h·m)	Drague (kg/h·m)	Plongée sous-marine (kg/h)
2002	125,1	141,4	28,2
2003	107,1	110,9	55,0
2004	93,7		

Les informations disponibles pour la pêche en plongée sous-marine sont très fragmentaires. Les rendements moyens calculés à partir des données de seulement quelques pêcheurs - repères sont estimés respectivement à 28,2 et 55,0 kg/h en 2002 et 2003 (Tableau 8).

Tableau 9. Rendements moyens mensuels de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique estimés à partir des journaux de bord de 2002 à 2004 aux Îles-de-la-Madeleine.

Année	Mois	Rendement (kg/h·m)	Écart-type (kg/h·m)	Rendement minimal (kg/h·m)	Rendement maximal (kg/h·m)	Nombre d'observations
2002	Septembre	142,6	86,8	28,8	462,9	24
	Octobre	123,2	48,2	36,0	239,1	18
	Novembre	86,7	42,7	10,0	158,1	10
	Décembre	30,1		30,1	30,1	1
2003	Septembre	118,0	49,0	39,3	256,6	31
	Octobre	101,7	39,7	43,6	165,7	16
	Novembre	99,7	29,4	60,5	133,6	7
2004	Septembre	78,2	19,9	43,2	113,9	21
	Octobre	85,7	31,7	21,6	152,2	20
	Novembre	109,1	43,8	50,4	216,0	16
	Décembre	174,5	62,8	118,8	242,6	3

Les structures de taille des mactres récoltées par drague hydraulique lors des échantillonnages de 2002 à 2004 sont présentées à la Figure 14 et les tailles moyennes par échantillon à l'Annexe 1. La différence majeure entre les années s'explique par le passage entre 2003 et 2004 d'une stratégie d'échantillonnage en mer des captures à une stratégie d'échantillonnage à quai. Les structures de taille des mactres de 2002 et 2003 sont donc représentatives de la population pêchée alors que celle de 2004 n'est le reflet que des captures débarquées.

Ce changement de stratégie d'échantillonnage limite les comparaisons possibles entre les années puisque la structure de taille de 2004 est tronquée pour les tailles inférieures à cause de la réglementation qui impose une taille minimale de 76 mm. En restreignant le calcul de la taille moyenne aux individus de plus de 76 mm, les valeurs moyennes obtenues sont respectivement de 106,1, 105,5 et 109,6 mm pour 2002, 2003 et 2004.

Les structures de taille des mactres récoltées par cueillette manuelle (à pied) proviennent de l'échantillonnage en mer pour 2003 et à quai pour 2004. Ces structures de taille sont les seules informations disponibles pour la cueillette manuelle récréative de la mactre de l'Atlantique. Dans ce cas, la taille moyenne est de 90,0 mm en 2003 et de 88,4 mm en 2004 pour les individus de plus de 76 mm (Figure 15 et Annexe 1).

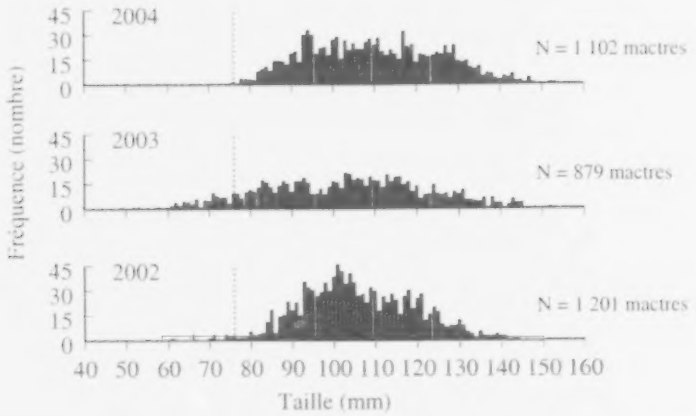


Figure 14. Structures de taille provenant de la pêche mécanisée à la mactre de l'Atlantique selon l'échantillonnage en mer en 2002 et 2003 et au quai en 2004. La ligne verticale en trait pointillé indique la taille minimale de capture de 76 mm.

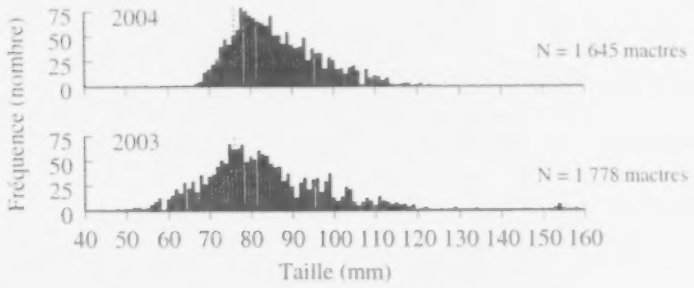


Figure 15. Structures de taille provenant de pêche manuelle à la mactre de l'Atlantique selon l'échantillonnage en mer en 2003 et à quai en 2004. La ligne verticale en trait pointillé indique la taille minimale de capture de 76 mm.

4 CONCLUSION

De nombreux travaux ont été réalisés par le passé sur la biologie de la mactre de l'Atlantique dans le sud des États-Unis et les Maritimes. Les niveaux de connaissance sur la biologie et l'exploitation de ce mollusque sont toutefois beaucoup plus limités dans les eaux québécoises. Les travaux réalisés aux Îles-de-la-Madeleine en 2003 ont permis de décrire le cycle de reproduction et d'identifier la période de ponte. Celle-ci se situerait entre les mois de juillet et de septembre. Cette nouvelle information permettra à court terme de mieux définir la saison de pêche afin d'éviter l'effet négatif de la drague hydraulique durant la période de ponte. Les observations recueillies n'ont pas permis de déterminer avec précision la taille à maturité sexuelle. Par contre, les mactres échantillonnées (75 à 92 mm) dans le cadre du cycle reproducteur étaient matures. Une

connaissance plus précise de la taille à la maturité sexuelle permettrait d'ajuster la taille minimale de capture, de façon à maintenir le potentiel reproducteur. Pour l'instant, la courte série des indicateurs disponibles concernant l'exploitation de la mactre de l'Atlantique ne permet pas de statuer sur l'état de la population et sa capacité à supporter les niveaux actuels de la récolte. Toutefois, un suivi s'impose car les changements interannuels observés dans le patron de pêche et les taux de capture de la pêche mécanisée pourraient être le reflet d'une surexploitation locale de la ressource.

5 REMERCIEMENTS

Nous remercions la Direction de la gestion des pêches du MPO pour son soutien financier au projet de suivi du cycle de la reproduction, Sylvette Leblanc et Selma Pereira du secteur des Îles-de-la-Madeleine pour leur appui, Carole Turbide pour la récolte des échantillons biologiques, Claude Tremblay pour la préparation des coupes histologiques et Marie-Claude Marquis pour l'analyse des stades de maturité. Les auteurs remercient également Hugo Bourdages, Sophie Brillon et Sylvain Hurtubise pour la révision ainsi que Louise Gendron pour la révision et l'édition du document.

6 RÉFÉRENCES

Allen, R. D. 1953. Fertilisation and artificial activation in the eggs of the surf-clam, *Spisula solidissima*. Biol. Bull. 105 : 213-239.

Ambrose, W. G. Jr., D. S. Jones et I. Thompson. 1980. Distance from shore and growth rate of the suspension feeding bivalve *Spisula solidissima*. Proc. Natl Shellfish. Assoc. 70 :207-215.

Bayne, B. L. 1976. Aspects of reproduction in bivalve molluscs. *In* Estuarine Processes. Vol. 1, Uses, stresses, and adaptation to the estuary. *Edited by* M. L. Wiley, Academic Press, pp. 432-448.

Bernier L. et L. Poirier. 1979. Évaluation sommaire du stock de mactres de l'Atlantique, *Spisula solidissima* Dillwyn, des Îles-de-la-Madeleine (Golfe du Saint-Laurent). MICQ, D.G.P.M., Cah. inf. 92, 42 p.

Bio-Conseil, Inc. 1986. Pêche exploratoire à la palourde (*Spisula solidissima*) aux Îles-de-la-Madeleine, automne 1985. Rapport final, Québec, 9 p.

Bousfiel, E. L. 1964. Coquillages des côtes canadiennes de l'Atlantique. Musée national du Canada, Ottawa, 89 p.

Caddy, J. F., R. A. Chandler et D. G. Wilder. 1974. Biology and commercial potential of several underexploited molluscs and crustaceans on the Atlantic coast of Canada. Paper presented to Federal-Provincial Fisheries Comittee meeting on Utilization of Atlantic Ressources, Montreal, P.Q. 111 p.

Cargnelli, L. M., S. J. Griesbach, D. B. Packer et E.Weissberger. 1999. Essential Fish Habitat Source Document: Atlantic surfclam, *Spisula solidissima*, life history and habitat characteristics. NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-142. 13 p.

Castagna, M. et P. Chanley. 1973. Salinity tolerance of some marine bivalves from inshore and estuarine environments in Virginia waters on the western Mid-Atlantic coast. Malacologia, 12 :47-96.

Cerrato, R. M. et D. L. Keith. 1992. Age structure, growth, and morphometric variations in the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima*, from estuarine and inshore waters. Mar. Biol. 114 : 581-593.

Chintala, M. M. et J. P. Grassle. 1995. Early gametogenesis and spawning in "juvenile" Atlantic surfclams, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1819). J. Shellfish Res. 14 : 301-306.

Chintala, M. M. et J. P. Grassle. 2001. Comparison of recruitment frequency and growth of surfclams, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1817), in different inner-shelf habitats of New-Jersey. J. Shellfish Res. 20 : 1177-1186.

Clapp, W. F. 1912. Collecting from haddock on the Georges Bank. Nautilus, 25 :104-106.

Clarke, A. H. Jr. 1954. Shell bearing mollusc off Cape Ann, Massachussetts. Nautilus, 67 :112-120.

Clotteau, G. et F. Dubé. 1993. Optimization of fertilization parameters for rearing surf clams (*Spisula solidissima*). Aquaculture, 114 : 339-353.

Dietl, G. P. et R. R. Alexander. 1997. Predator-prey interactions between the naticids *Euspira heros* Say and *Neverita duplicta* Say and the Atlantic surfclam *Spisula solidissima* Dillwyn from Long Island to Dalaware. J. Shellfish Res. 16 : 413-422.

Dubé, F., L. Dufresne et P. Dallaire. 1990. Étude du cycle de reproduction de la palourde *Spisula solidissima* en vue de son exploitation aquicole. Rapport final. Université du Québec à Rimouski, 18 p.

Fréchette, M. et M. Giguère. 1986. Rapport sur une pêche exploratoire à la palourde aux Îles-de-la-Madeleine. MPO, Rapport interne. 12 p.

Garlo, E. V., C. B. Milstein et A. E. Jahn. 1979. Impact of hypoxic conditions in the vicinity of Little Egg Inlet, New Jersey in summer 1976. Estuarine Coastal Mar. Sci. 8 : 421-432.

Gendron, L. 1988. Exploitation et état du stock de mactres (*Spisula solidissima*) des Îles-de-la-Madeleine en 1986. Rap. manus. can. sci. halieut. aquat. 1993 : v + 17 p.

Giese, A. C. 1959. Comparative physiology : Annual reproductive cycles of marine invertebrates. Ann. Rev. Physiol. 21 :547-576.

Jones, D. S., I. Thompson et W. Ambrose. 1978. Age and growth rate determinations for the Atlantic surf clam *Spisula solidissima* (bivalvia: mactracea), based in internal growth lines in shell cross-sections. Mar. Biol. 47 : 63-70.

Jones D. S. 1981. Reproductive cycles of the Atlantic surf clam *Spisula solidissima*, and the ocean quahog *Arctica islandica* off New Jersey. J. Shellfish Res. 1 : 23-32.

Jones, D. S., D. F. Williams et M. A. Arthur. 1983. Growth history and ecology of the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (Dillwyn), as revealed by stable isotopes and annual shell increments. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 73 : 225-242.

Kerswill, C. J. 1944. The growth rate of bar clams. Fish. Res. Board Can. Prog. Rep. Atl. Coast Stn 35 : 18-20.

Lambert, J. et P. Goudreau. 1995. Performance de la drague hydraulique de type Nouvelle-Angleterre pour la récolte de la mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*). Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 235 : vii + 28 p.

Loosanoff, V. L. et H. C. Davis. 1963. Rearing of bivalve mollusks. *In* Advances in Marine Biology, Vol.1. *Edited by* F. S. Russel. Acad. Press, New York. pp. 1-136.

Mackenzie, C. L. Jr., D. J. Radosh et R. N. Reid. 1985. Densities, growth, and mortalities of juveniles of the surf clam (*Spisula solidissima*)(Dillwyn) in the New York Bight. J. Shellfish Res. 5 : 81-84.

Medcof J. C. et J. S. MacPhail. 1955. Survey of bar clam resources of the Maritimes Provinces. Fish. Res. Board Can. Bull. 102, 6 p.

Merril, J. C. et J. W. Ropes. 1969. The general distribution of the surf clam and ocean quahog. Proc. Natl Shellfish. Assoc. 59 : 40-45.

Meyer, T. L., R. A. Cooper et K. J. Pecci. 1981. The performance and environmental effects of a hydraulic clam dredge. Mar. Fish. Rev. 43(9) : 14-22.

Ministère de la Justice Canada. 2004. Lois et règlements codifiés. Loi sur les pêches. Règlements de pêche de l'Atlantique de 1985. Partie IV Mollusques et Crustacés. http://lois.justice.gc.ca/fr/F-14/DORS-86-21/120818.html. Mise à jour 31/08/2004.

National Marine Fisheries Service. 2003. NMFS landings query results. http://www.st.nmfs.gov/st1/commercial/index.html. Mise à jour 24/09/2003.

Robert, G. 1981. Dynamics of an unexploited population of bar clam, *Spisula solidissima*. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1607 : iv + 12 p.

Ropes, J. W. 1966. Hermaphroditism in the surf clam, *Spisula solidissima*. Am. Malacolog. Union. Ann. Rept. .26 p.

Ropes, J. W. 1968. Reproductive cycle of the surf clam, *Spisula solidissima*, in offshore New Jersey. Biol. Bull. 135 : 349-365.

Ropes, J. W. 1978. Biology and distribution of surf clams (*Spisula solidissima*) and ocean quahogs (*Arctica islandica*) off the northeast coast of the United States. *In* Proceedings of northeast clam industries: management for the future. April 27-28, 1978. Hyannis, MA. pp. 47-66.

Ropes, J. W. 1980. Biological and fisheries data on the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (Dillwyn). U.S. Natl Mar. Fish. Serv. Northeast Fish. Cent. Sandy Hook Lab Tech. Ser. Rep. No. 24, 88 p.

Ropes, J. W. 1982. Hermaphroditism, sexuality and sex ratio in the surf clam, *Spisula solidissima*, and the soft-shell clam, *Mya arenaria*. Nautilus, 96(4) : 141-146.

Ropes, J. W. et A. S. Merrill. 1973. To what extent do surf clams move? Nautilus, 87(1) :19-21.

Ropes, J. W., A. S. Merrill, S. A., Chang et C. L. Jr MacKenzie. 1979. Impact on clams and scallops, Part 1. Field survey assessments. *In* Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976. *Edited by* R. L. Swanson et C. J. Sindermann. NOAA Prof. Pap. U.S. Dep. Commerce 11, pp. 263-280.

Ropes, J. W. et L. O'Brien. 1979. A unique method of ageing surf clams. ICES, Shellfish Crust. Comm. C.M.1979/K:28, 5 p.

Ropes, J. W et G. E. Ward Jr. 1977. The Atlantic coast surf clam fishery-1974. Mar. Fish. Rev. 39(5) : 18-23.

SenPaq Consultants. 1989. Écologie des mollusques à potentiel commercial, aspect océanographique des baies de l'est du Nouveau-Brunswick. Shippagan, Nouveau-Brunswick, 154 p.

Sephton, T. W. 1987. The reproductive strategy of the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima*, in Prince Edward Island, Canada. J. Shellfish Res. 6 : 97-102.

Sephton T. W. et C. F. Bryan. 1990. Age and growth rate determinations for the Atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1817), in Prince Edward Island, Canada. J. Shellfish. Res. 9 : 177-185.

Sindermann, C. J. et R. L. Swanson. 1979. Historical and regional perspective. *In* Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976. *Edited by* R. L. Swanson et C. J. Sindermann. NOAA Prof. Pap. U.S. Dep. Commer. 11, pp. 281-293.

Spruck, C. R., R. L. Walker, M. L. Sweeney et D. H. Hurley. 1995. Gametogenic cycle in the non-native Atlantic surf clam, *Spisula solidissima* (Dillwyn, 1817), cultured in the coastal waters of Georgia. Gulf Res. Rep. 9(2) :131-137.

Stehlik, L. L. 1993. Diets of the brachyuran crabs *Cancer irroratus, C. borealis*, and *Ovalipes ocellatus* in the New York Bight. J. Crust. Biol. 13(4) : 723-735.

Walker, R. L. et P. B. Heffernan. 1994. Age, growth rate, and size of the southern surfclam, *Spisula solidissim similis* (Say, 1822). J. Shellfish Res. 13 : 433-441.

Walker, R. L., D. H. Hurley et M. L. Jansen. 1996. Fecundity estimates of the southern surfclam *Spisula solidissima*. J. Shellfish Res. 15 : 531.

Weinberg, J. R. et T. E. Helser. 1996. Growth of the Atlantic surfclam, *Spisula solidissima*, from Georges Bank to the Delmarva Peninsula, USA. Mar. Biol. 126 : 663-674.

Weinberg, J. R. 1998. Density-dependant growth in the Atlantic surfclam, *Spisula solidissima*, off the coast of the Delmarva Peninsula, USA. Mar. Biol. 130 : 621-630.

Weinberg, J. R. 1999. Age-structure, recruitment, and adult mortality in populations of the Atlantic surfclam, *Spisula solidissima*, from 1978 to 1997. Mar. Biol. 134 : 113-125.

Weissberger, E. J. 1999. Additive interactions between the moon snail *Euspira heros* and the sea star *Asterias forbesi*, two predators of the surfclam *Spisula solidissima*. Oecologia, 119 : 461-466.

Yancey, R. M. et W. R. Welch. 1968. The Atlantic coast surf clam, with a partial bibliography. U.S. Fish. Wildl. Serv. Circ. 288. 14 p.

Annexe 1. Taille moyenne (mm) des mactres de l'Atlantique recueillies par drague hydraulique et par cueillette manuelle (à pied) selon l'échantillonnage en mer en 2002 et 2003 et à quai en 2004 aux Îles-de-la-Madeleine, pour les individus de 76 mm et plus.

Engin	Type d'échantillonnage	Date	Taille moyenne (mm)	Écart-type (mm)	Valeur minimale (mm)	Valeur maximale (mm)	Nombre d'individus
Drague	Mer	06/09/2002	100,8	9,9	77	130	347
		25/09/2002	114,0	14,5	85	144	233
		11/10/2002	102,5	12,0	76	142	323
		13/11/2002	107,2	11,5	80	132	272
Drague	Mer	28/04/2003	109,2	16,2	76	152	249
		04/09/2003	103,1	14,6	76	136	282
		05/11/2003	104,2	18,5	76	144	262
Manuel	Mer	06/05/2003	85,3	8,9	76	116	127
		21/05/2003	102,9	20,0	76	159	233
		06/06/2003	89,7	11,3	76	122	146
		23/06/2003	87,6	9,7	76	118	183
		30/06/2003	86,4	10,3	76	122	187
		11/07/2003	89,9	10,5	76	122	151
		23/09/2003	88,1	8,5	76	128	196
Drague	Quai	03/09/2004	108,2	17,0	80	152	247
		08/10/2004	116,0	14,0	90	153	254
		21/10/2004	104,8	17,7	76	147	316
		02/11/2004	109,4	10,9	91	142	283
Manuel	Quai	25/06/2004	86,0	8,7	76	115	223
		08/07/2004	87,5	9,4	76	123	225
		19/07/2004	87,1	9,3	76	120	226
		03/08/2004	85,0	7,5	76	113	207
		26/08/2004	90,3	9,8	76	123	292
		10/09/2004	94,4	9,8	76	121	251